

С. А. ВОЛОГЖАНИНА, А.Ф.ИГОЛКИН

МАТЕРИАЛТАНУ

ОҚУ ҚҰРАЛЫ

*Федералдық мемлекеттік автономды мекемесі
«Білім беруді дамытудың федералды институты»
орта білім бағдарламаларын жүзеге асыратын білім беру ұйымдарына мамандық
бойынша кәсіптік білім беру «Қозғалтқыштарды, жүйелерді және автокөлік
агрегаттарын жөндеу және техникалық қызмет көрсету», «Ауылшаруашылық
техникасы мен жабдықтарын пайдалану және жөндеу» мамандықтары
бойынша «Автокөлікті жөндеу және техникалық қызмет көрсету маманы» оқу
үрдісінде қолдануға арналған оқулық ретінде
ұсынады.*

*Шолудың анықтамалық нөмірі 247
2017 жылғы 12 шілдеден бастап «ББДФИ» ФМAM*



**Мәскеу
«Академия» баспа орталығы
2017**

Бұл кітап Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі және «Кәсіпкер» холдингі» КЕАҚ арасында жасалған шартқа сәйкес ««ТЖКБ жүйесі үшін шетел әдебиетін сатып алуды және аударуды ұйымдастыру жөніндегі қызметтер» мемлекеттік тапсырмасын орындау аясында қазақ тіліне аударылды. Аталған кітаптың орыс тіліндегі нұсқасы Ресей Федерациясының білім беру үдерісіне қойылатын талаптардың ескерілуімен жасалды. Қазақстан Республикасының техникалық және кәсіптік білім беру жүйесіндегі білім беру ұйымдарының осы жағдайды ескеруі және оқу үдерісінде мазмұнды бөлімді (технология, материалдар және қажетті ақпарат) қолдануы қажет. Аударманы «Delta Consulting Group» ЖШС жүзеге асырды, заңды мекенжайы: Астана қ., Иманов көш., 19, «Алма-Ата» БО, 809С, телефоны: 8 (7172) 78 79 29, эл. поштасы: info@dcg.kz

Пікір берушілер:

«Мытищиндық машина жасау техникумы» МБМ-нің оқытушысы

Калишникова О.И.

Солтүстік-Батыс мемлекеттік техникалық сырттай университетінің

«Материалтану және көркем өнімдер технологиясы» кафедрасының меңгерушісі

Техника ғылымдарының докторы, проф. *Е.И. Пряхин*

Вологжанина С.А.

В68 Материалтану: арнайы орта білім беру мекемесінің студенттеріне арналған оқу құралы / С.А. Вологжанина, А.Ф. Иголкин. - М.: «Академия» баспа орталығы, 2017. - 496 б.

ISBN 978-601-333-345-8 (каз)

ISBN 978-5-4468-5751-7 (рус)

Оқу құралы Федералдық мемлекеттік білім беру стандартының талаптарына сәйкес «Көлік құралдары және жүйесін жөндеу және техникалық қызмет көрсету бойынша» «Техникалық қызмет көрсету және қозғалтқыштар, жүйелер мен вагондардың компоненттерін жөндеу», «Ауыл шаруашылығы машиналары мен жабдықтарын жөндеу және техникалық қызмет көрсету» және «Көліктерді жөндеу шебері және қызмет көрсету» мамандықтары (ТОР-50 тізімінен). Оқу басасы «Материалтану» бойынша жалпы кәсіби пәнін оқу үшін арналған.

Кітапты сондай-ақ «Автокөліктерге техникалық қызмет көрсету және жөндеу» мамандығы бойынша және «АВТОМЕХАНИКА» мамандығы бойынша СПО бағдарламасын жүзеге асыру үшін қолдануға болады.

Материалтанудың физика-химиялық негіздері сипатталған. Болаттың, шойынның, түсті металдар және құйма үгінділердің қорытпаларының және олардың құрылымын қалыптастырудың үлгілерінің өңдеу технологиясы қарастырылған. Материалдардың механикалық қасиеттерін зерттеу әдістері, олардың микро және макроөңдеуін зерттеу. Төмен және жоғары температура кезінде, динамикалық және шаршағыш жүктеме жағдайында материалдардың коррозия және жұмыс істеу процестері қарастырылады. Белгілі бір өнімге арналған материалдарды таңдау мен қолданудың жалпы принциптері сипатталған

Орта кәсіптік білім беретін оқу орындарының студенттеріне арналған.

ӘОЖ 620.22(075.32)

ҚБЖ 30.3я723

© Вологжанина С.А., Иголкин А.Ф., 2017

ISBN 978-601-333-345-8 (каз)

© «Академия» оқу-баспа орталығы, 2017

ISBN 978-5-4468-5751-7 (рус) © Дизайн. «Академия» баспа орталығы, 2017

АЛҒЫ СӨЗ

«Материалтану» курсы инженерлік мамандықтар бойынша студенттерді даярлауды анықтайтын негізгі курстардың бірі болып табылады. Бұл курста материалдардың құрылымы мен қасиеттерін анықтайтын заңдылықтар, олардың құрамына және жылу өңдеу технологиясына байланысты ережелер қарастырылады.

Курс төрт бөлімнен тұрады:

- металтану;
- керамикалық, композициялық және ұнтақ материалдар;
 - металл емес материалдар;
 - тозған және тозуға төзімді материалдар.

Оқу құралында материалдарды өндіру мен өндеудің негізгі әдістері қысқаша талқыланған: балқыту және құю үрдістері, қысыммен өндеу, дәнекерлеу және кесу. Жаңа перспективті материалдар: композиттік, ұнтақ, формалық жады, сызықтық кеңейту коэффициентінің төменділігі және т.б. келтірілген.

Бұл оқулық барысында төмендегідей қысқартылып алынған сөздер қабылданған:

ККЗ — керамикалық композиттік заттар

МКМ — металл композиттік материалдар

ПКМ — полимерлік композиттік материалдар **НЖ**— нуклеациялық жылдамдығы

ӨҚ— өсу қарқыны

ТСКК — температуралық сызықтық кеңейту коэффициенті

СМТК — серпімділік модулінің температуралық коэффициенті

ТӨ— термомеханикалық өндеу

ХТО — химиялық-термиялық өндеу

І БӨЛІМ

МЕТАЛЛТАНУ

1 Т А Р А У

МЕТАЛДАРДЫ ӨНДЕУДІҢ НЕГІЗГІ ӘДІСТЕРІ

1.1. Құю өндірісінің негіздері

Негізгі ақпарат. Құю - бұл белгілі бір конфигурацияның қуысын сұйық металмен толтырып, содан кейін оны нығайту жолымен немесе бұйымды дайындау әдісі. Құю арқылы алынған битумдар немесе бұйымдар құйылған деп аталады.

Құю өндірісі – машина жасаудың барлық салаларының негізгі шығару базасы. Дәнекерлеушілер ең арзан және механикалық өңдеуге арналған ең төменгі жәрдемақыға ие.

Құйындылар шойын және болат, алюминий, магний, титан, мыс және т.б. негізінде жасалған түсті металл қорытпаларынан жасалады. Көптеген құйма құймаларын әдетте электр пештерінде өткізеді. Бұдан басқа, күмбез құйма темірді балқыту үшін қолданылады. Құю құймаларын жоғары *сұйыққұйылуға* ие болуы тиіс, бұл олардың қалыптқа құйылу мүмкіндігін анықтайды.

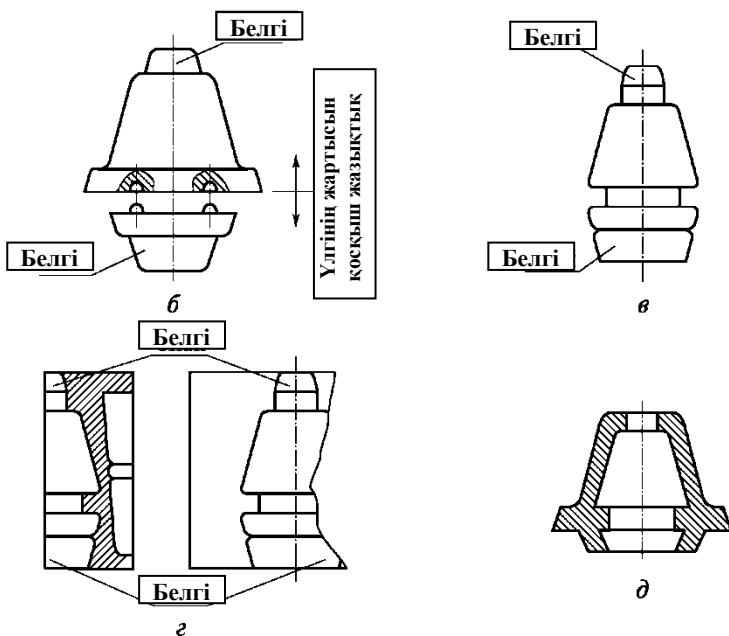
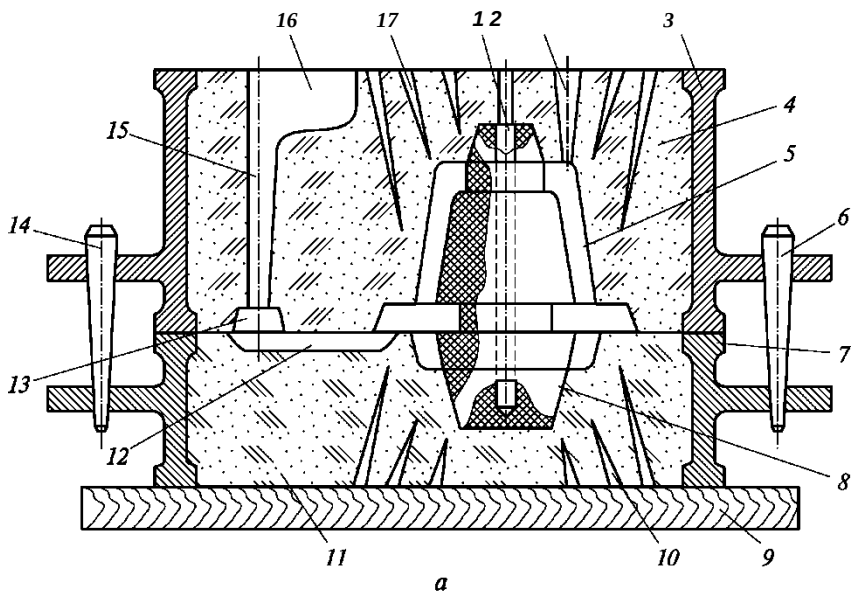
Қаттыру және салқындату кезінде құйманың сызықтық және көлемдік өлшемдері төмендейді, металдар мен қорытпалар қысқарады. Күшті шөгу, шөгілтің қабықшалар, кеуектіліктің, сызаттардың, беттерін жамаулар пайда болуына әкелуі мүмкін.

Құмды қалыптарға құю. Құмды қалыптарға құймаларды өндіру кезінде, берілген композициялар балқытылған метал формасына құйылады, одан қатырылып, салқындатудан кейін дайын құймалар алынады.

Құймадан құм құймаларын өндіру үшін модельді комплект қажет, модельдерден, айналмалы қораптардан (егер құймалардың ішкі қуыстары болса), жүйелері элементтерінің үлгілері, пайда және желдеткіштерден тұратын үлгі жиынтығы ұсынылуы керек.

Құйма қалыпының нобайы № 1.1 (а) суретте берілген. Құйма қалып - бұл балқытылған металды құю кезінде, құйылған металдан жұмыс бетін құрайтын элементтер жүйесін ұсынады

Қалыпты екі жарты метал рамадан жасалады, оларды шынақтар дейді (жоғарысы 3 және төменгісі 7).



Сурет 1.1. (а) Құйылма қалып, (б) модель, (в) құю дөңгелегі, (г) негізгі қорап, (д) құйма:

1 - газдарды кетіруге арналған арна; 2 - жарылыс; 3, 7 - жоғарғы және төменгі құдықтар шақпақтар; 4, 11 - қалыптау қоспасы; 5 - құйма қалыпының жұмыс қуысы; 6, 14 - ілмектер; 8 - құю құдықтары; 9 - ағашты негіз; 10, 17 - желдету ұялары; 12 - фидер; 13 - қож ұстағышы; 15 - көтергіш; 16 - ыдыс

Үлгінің жартысы (1.1-сурет, б) төменгі шұңқырдың ішіне орнатылып, 11 құйма қоспасын (1.1а-суретті қараңыз) тығыз толтырады, қайта аудары жоғарғы шұңқырдың бекітді. Жоғарғы шұңқырға үлгінің екінші жартысы орнатылады, ол құйма жүйесінің үлгісі және қайта қалыптау қоспасын мықтап толтырыңыз. Үлгілерді алып тастағаннан кейін, екі шақпақ жалғанады. Ішкі қуысты алу қажет болса, құйма қоспасын алынып тастайды (1.1-сурет, с), оны қорапшаға орау арқылы құйма қоспасынан дайындайды (1,1,-сурет, г)..

Үлгі құймадан (1.1, d) металдың шөгу санына жоғарылығына қарай ажыратылады, сондай-ақ штангаларды орнатуға арналған белгілермен ерекшеленеді. Жеке және кішігірім өндірісте ағаштан жасалған үлгілерді, массалық өндіріс жағдайында алюминий қорытпаларынан жасалған үлгілерді пайдаланылады.

Сұйық металды қатайтқаннан кейін пішін жойылады, құйма алынып тасталады, шыбық алынып тасталады, құйма жүйесінің элементтері бөлінеді және құйманы тазартуға жібереді.

Құйма жүйесінің элементтеріне (1,1 (а)-суретті қараңыз) көтергіш 15, бергіш 12, шлақты ұстаушы 13, газды 5 қалыпты құдықтан алып тастауға және оның толтырылуын бақылауға арналған 2 тесік, металл құюға арналған ыдыс 16 кіреді.

Қалыптық және стержнді қоспалар отқа төзімді негізден және байланыстырғыш арнайы қоспалардан тұрады. Пішіндеу қоспаларының отқа төзімділігінің негізгі материалы - кварц құмы. Кварц құмынан басқа, магнезит, хром-магнезит, шамот және басқа да отқа төзімді материалдар қосымша қолданылады.

Байланыстырушы заттардың мақсаты - оларға беріктігі үшін отқа төзімді өзара бөлшектерін біріктіру. Әдетте, байланыстырғыш қоспа ретінде саз балшықтарды, сұйық шыныны, түрлі синтетикалық шайырларды және т.б. қолданылады.

Арнайы қоспаларды қоспалардың технологиялық және жұмыс қасиеттерін жақсарту үшін қолданылады: газ өткізгіштігі, сәйкестігі және соққылауы. Осы мақсатта көмір шандары, үгінділер, шымтезек және асбест қыртысы енгізіледі және т.б.

Құйманың арнайы әдістері. Арнайы әдістермен өндірілген құймаларды, құмды құймалар арқылы алынатын құймалармен салыстырғандағы ерекшеліктері, әдетте, механикалық өңдеудегі олардың жоғары дәлдігі, бетінің жақсы сапалылығы, өңделу үшін аз мөлшердегі құндылықтар болып табылады. Құйманың арнайы әдістері пішіндеудің прогрессивті әдістеріне жатады.

Кокильге құю. Кокиль - бұл металдан жасалған құйма қалып. Құмды қалыптармен салыстырғанда кокильдің негізгі артықшылықтары - бұл қалыпты құбылыстар көп реттік пайдалануға жарамды, жоғары өнімділік, құймалардың дәлдігі, олардың беттерінің сапасы және өлшемдерінің тұрақтылығы.

Кокильдерді дайындау үшін пайдаланылатын материалдар, металл толтыру кезінде туындайтын жылу соққыларына төтеп бере алуы керек, жақсы өңделген, кемшіліктері жоқ және арзан болуы қажет. Осы талаптардың көбін қанағаттандыратын кейде болат, алюминий және басқа қорытпаларда қолданылады. Шойын мен болаттың кішкентай құймасы үшін хром және никельді шойын құйылған шойын кокиль материалы ретінде қолданылады. Темір қорытпаларына орта және ірі құймаларына және басқа да қара бөренелерге арналған кокильдерді болаттардан, легирленген хромнан, молибденнен, никельден жасалған. Алюминий және магний қорытпаларын құйып алу үшін қалыптарды сұр шойыннан және алюминий қорытпалары жасалған.

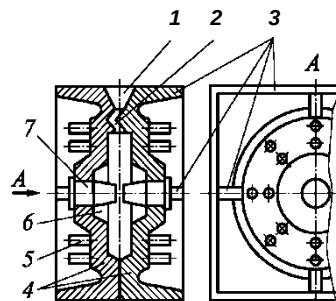
Металды құю кезінде кокильдің жұмыс қуысынан газды шығару қалыптың қосқышына қарай іске асады. Сонымен қатар, жазықтықта қосқышқа арнайы арналар жасалынады, ал қалыптың қабырғаларда - желдеткіш саңылаулары орналасады, олар арқылы газ қосымша алынып тасталынады.

Жоғары үздіксіз құйылуда кокильдің қабырғалары қызады. Оларды салқындату табиғи (ауа) болуы мүмкін және мәжбүрлі түрде (ауа, су, май).

Кокильдердегі металлды салқындатқыш құюға арналған тәсілдер жоғарыдан, сифомен төменнен немесе жабылған жемдер арқылы жанынан. Металл жоғарыдан берілсе ол қалыптың қуысына түсірілуі мүмкін. Сондықтан, осындай жабдықтау қиын емес шағын биіктіктен құйма құюға арналған. Металл төменнен берілетін болса, қалып ішіне біртіндеп пайда болады. Оқиғаның ағынының әсерін азайту үшін зигзиг түріндегі 2 көтергіштерді қолданады (1.2 сур.). Металл кірісіне бағытталған (төменнен жоғары) қаттылығын жасау жабылған жемдер арқылы жанама түрде жүзеге асырылады.

Металлдың қалыппен физика-химиялық өзара әрекеттесуінің алдын алу үшін, кокильдің бетіне біркелкі қабатпен отқа төзімді жабын қолданылған. Отқа төзімді негіз жабындылар ретінде ұнтақталған кварц, шамот, графит, мырыш оксиді, талық және басқа да материалдар, көбінесе сұйық шыны пайдаланылады. Отқа төзімді материалдарды құйғанда, қалыптардың жұмыс беттерін вольфрам мен молибден плазма әдісімен шашыратады. Шойын құймаларын құю кезінде, кокильді ацетилендік жалынмен өңделгенде жақсы нәтижелер алынады. Балауыз модельдерде құю.

Әдістің мәні төменгі балқытатын материалдардан алынған арнайы үлгілерді алу, оларды блокка жинау болып табылады.



Сурет 1.2.. Кокиль эскизі

1 — ыдыс; 2 — көтергіш; 3 — қатаңдық қабырғалары; 4 — шиек; 5 — саусақтар; 6 — жұмыс қуысы; 7 — металлды шыбықтар

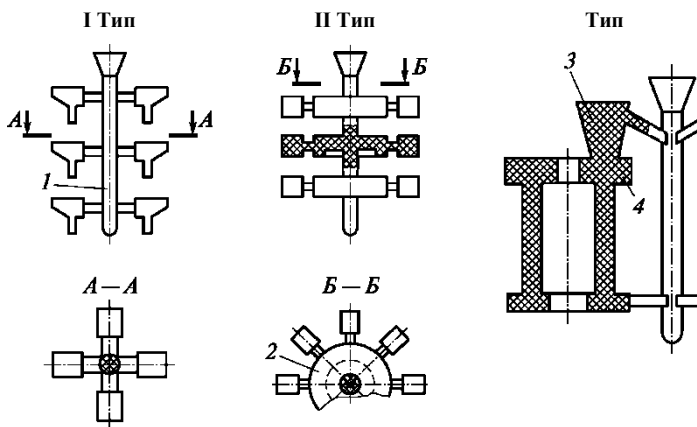
(какпақ жүйесінің моделі арқылы жалғастырғыш үлгілерді біріктіру), модельдік блоктарын отқа төзімді қабықпен жабу, үлгілерді алу (балқыту, еріту, өртеу), қабықталған қалыптарды және оларға сұйық метал құюды білдіреді. Ақпалы модельдер үшін құйылманың қадірі әртүрлі қорытпалардан күрделі құймаларды алу мүмкіндігіне, оның ішінде кесу және соғу арқылы қиындықтарға тап болуына байланысты. Құймаларды қаптауға көшіруде ақпа модельдері 30 ... 80% -ға дейін өңделудің еңбекқорлығын төмендетеді, металлды пайдалану коэффициентін арттырады, өндіріс бөліктерінің құнын төмендетеді. Құймалардан ағымдық модельдеріне қарай бірнеше граммнан 100 кг-ға дейін ақпалар шығарылады. Осы қалыптастыру әдісінің кейбір кезеңдерін егжей-тегжейлі қарастырайық.

Барлық модельдік материалдарды, қабықшалардан модельдерді алу механизміне байланысты, ерітілген, ерігіш және күйіп кетуі мүмкін деп бөлуге болады. Ерітілген модельдердің кеңінен қолданылатын құрамдары парафин, стеарин, қоңыр көмір және шымтезекті балауыз (битум), этилцеллюлоза, табиғи және синтетикалық керешин және т.б.. Еріткіш модельдердің негізгі компоненттері – карбамид, сілтілік металдардың нитридтері және нитраттары және басқа заттар болып табылады. Жанғыш модельдердегі материалдарға көбіктенетін және шағын термопластикалар (блогты полистирол, көбіктенгіш, суспензиялы және т.б.) жатады. Бұл топтың модельдік материалдары кейде арнайы органикалық еріткіштерде еруі арқылы жойылады. Алғашқы материалдан құю және қышқылдану жүйелерінің модельдерін алу үшін ғылым түрлі үлгілеу құрылымдарын дайындайды.

Модельдеу арнайы шприцтермен және автоматты машиналарда жасалған престелген модельдік композицияның қысымымен пресс-фитингпен, негізінен, металдан жасалған модельдерге легирленген үлгі құрамын еркін құю арқылы жүзеге асырылады. Дайын модельдер блоктарға жинақталады (1.3-сурет), оларды моделдерге литникалық жүйепмен біріктіру немес басқа әдістермен бекітеді.

Модельдік блоктардың беткі жағында қолданылатын отқа төзімді қабықша бірнеше үзік қабаттарды (шламдар мен қаптамаларды) және электрофорезді кезекпен қолдану жолымен алуға болады. Көп қабатты жабу жағдайында суспензия этил силикатының гидролизденген ерітіндісінен және отқа төзімді толтырғыштан тұрады. Отқа төзімді қабықтарды алу процесінде модельдік блоктар суспензияға толы болып суланады, түйіршікті отқа төзімді материалмен себіліп, қатайғанға дейін кептіріледі. Осылайша, төрт-алты қабат қолданылады (үлкен құймаларды өндіруде оннан да астам).

Модельдік құрамы, оның су ерітіндісі немесе жылуды жою өнімдері шпурлы шұңқырдың ашық шеті арқылы жойылады. Балқы ерітіндіде балқытылған модельдегі материалдағы (модельдегі құрамы ...



Сурет 1.3. Модельді блоктардың типтері:
1 - көтергіш; 2 - нәрлендіру коллекторы; 3 - пайда; 4 - қалыңдату

бойынша) балку нүктесінің температурасынан жоғары температурада жылытылады, блоктарды ыстық немесе қызып тұрған бұмен үрлейді, термостатта немесе диэлектрлік қыздыруда қондырғыларды жылытады, және басқа әдістері қолданылады. Модельдерді алып тастағаннан кейін қабықшаларды (ерітінді) ағын сумен жуылады.

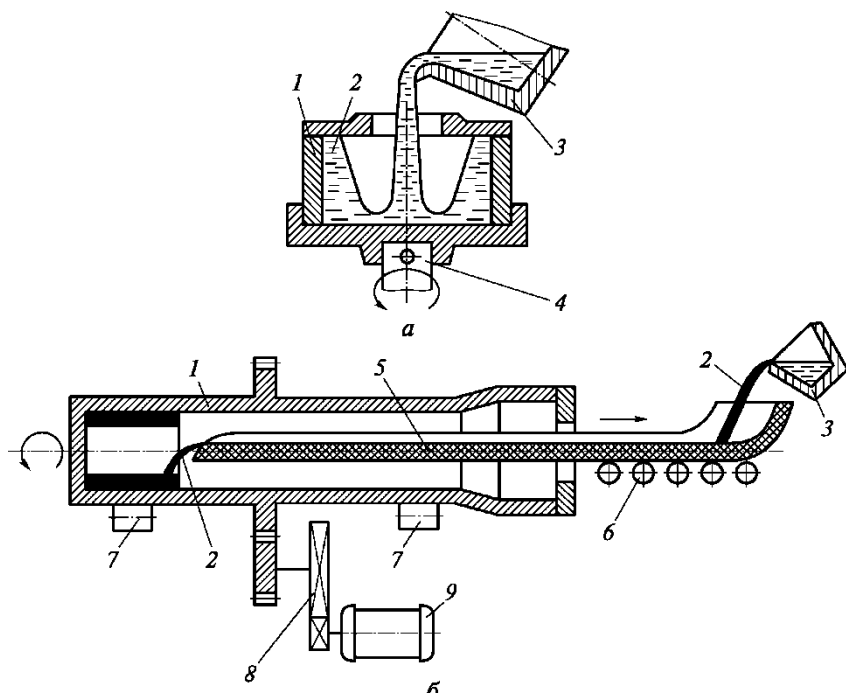
Қабықтың моделдер құрамынан қалдықтарын түпкілікті алу үшін, тотығу атмосферасында (жақсы жану үшін) $800 \dots 1000^\circ \text{C}$ температурада күйдіреді. Модельдер арқылы орындалатын құю барысында көптеген мөлшерде қорытпалар ыстық пішінге құйылады, бұл жұқа қабырғалы құймаларды алуға мүмкіндік береді.

Центрифугалық құю. Құйма жасаудың осы әдісімен балкытылған металл айналдыру құйына құйылады және орталықтан күш әсерінен сол жерде қатайды. Айналмалы пішінді орталықтану машинасы деп аталатын арнайы машина арқылы орнатылады. Құрылғыны осьтердің айналуымен тік және көлденең (немесе көлбеу) осьтердің айналасында бөледі (1.4-сурет).

Горизонтальдік ось айналасында айналдыра отырып айналмалы түрдегі центрифугалық құю алады - құбырлар, сақиналар, бұталар, жеңдер және т.б.

Центрифугалық күштерді металдың құйылуын жақсарту үшін және тығыз құюды алу үшін қолданады. Центрифугалық құю әдісі екі қабатты биметаллдық құймаларды (екі түрлі қорытпасынан құйылған құймаларды) шығаруға мүмкіндік береді, алдымен бір құрамның қорытпасын құйып, содан соң екіншісін құю арқылы.

Ресейде центрифугалық тәсілмен диаметрі 1500 мм-ге дейінгі, ұзындығы 10 м-ге дейінгі, қалыңдатқыш машиналарға арналған салмағы 60 тонн дейінгі коррозияға төзімді болаттардан жасалған ци-



Сурет 1.4. Құйма шыңында айналдырылған кезде құймаларды дайындау схемалары тік (а) және көлденең (б) осьтері:

1 - құйма қалыпы (құйма қалып); 2 - балқытылған металл; 3 - шелек;
4 - шпиндель; 5 - жылжымалы пеш; 6, 7 - роликтер; 8 - редуктор;
9 – электрқозғалтқышы.

9 –

линдрлік білік өндіріледі; биметалды жылжымалы біліктер (тозуға төзімділікке не сыртқы қабаты және икемділігі жоғары ішкі қабаты бар) өндіріледі; сұйық үйкелу және басқа құйма мойынтіректер үшін диаметрі 1000 мм-ден астам үлкен биметалды кірпіктерді шығарады.

Центрифуга құюда, негізінен, құйма қалыптарының үш түрі пайдаланылады: металл нефтерос (салқындатқыш қалыптар), металдан жасалған және көпреттік қалыптар.

Жылжымайтын қалыптардағы құймалармен салыстырғанда, центрифугалық әдіс келесі артықшылықтарға ие: цилиндрлік құйма құймаларды дайындау кезінде штангаларды дайындау қажеттілігі жойылып, лайықты металдың кірістілігі жүгіртпе жүйесінің жоқтығы және пайда (құйылған құюды қоспағанда), құйылған металдың тығыздығы артып, демек, механикалық қасиеттері, металды толтырылу мүмкіндігін жақсартады және т.б. Кемшіліктерге ішкі беттің сапасының нашарлауын және құйма дәлдігін төмендігін жатқызуға болады.

Қысыммен құю. Процесінің мәні - сұйық металдың металды қалыптың (прес-форма) жұмыс қуысына 30 - 300 МПа қысыммен енгізілуінде. Металлдың қалып қуысына ену жылдамдығы 0,5140 м / с құрайды. Қысыммен құюды қорғасын, кальций, мырыш, алюминий, магний, мыс, темір негізіндегі бірнеше граммнан бірнеше ондаған килограмм қорытпаларға дейінгі замок элементтерінен бастап автоколіктерге арналған цилиндр блоктарына дейін шығарад. Өндірісте жаппай күшпен құю өте тиімді болып табылады. Осы әдіспен өндірілген құймалар металды кәдеге жаратудың ең жоғары коэффициентіне ие болады. Күшпен құю арқылы бірқатар бөліктерді алу прокат өнімдерінің механикалық өңдеу арқылы өндіруге қарағанда 50 есе немесе одан да арзанырақ.

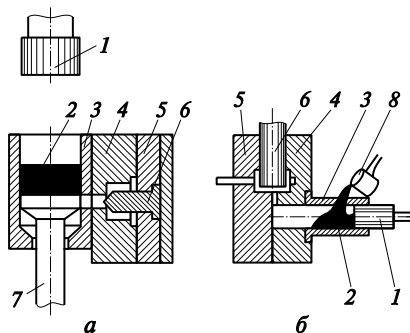
Күшпен құйып қалыптау кезінде ыстық немесе салқындатқыш камерасы бар автоматты немесе жартылай автоматты поршеньді және компрессорлық машиналар қолданылады. Камералардың орналасуы көлденең немесе тік болуы мүмкін.

Суық тік поршеньді тығыздау камерасы бар машинаның жұмысы (Сурет 1.5, а) келесідей. 3 машинаның камерасының осі пресс-форманың қалың қуысының жазықтығына параллель орналасқан. Металл 2 камераның төменгі поршеніне құйылады, ол металды гравитация арқылы қалыпқа енуіне мүмкіндік бермейді. Сұйық металл 1 поршеньді төмен түсіргеннен кейін қақпақ пен қалыптың қуысына кіреді, оның негізінде төменгі поршень төмен қарай итеріліп, ақпалы тесікшені ашады. Металл қалыптың қабырғаларымен байланысып, қатты бола бастайды. Күштеуіш поршень жоғары қарай көтеріліп, төменгі поршеньді босатады, ол көтерілгенде, оны қысқыш камерада басу арқылы қақпаның қалдықтарын кесіп тастайды. Қалыпты ашады, құйманы алады, қалыпты тазартады, майлайды және жабады. Циклді қайталайды.

Салқын көлденең қысымды 4 камераның осі (сурет 1.5, б) қалыптың жазықтығында перпендикуляр орналасқан. Көлденең камера 4 қалыпты бөлігіне бекітіледі.

Сурет 1.5.. Суық тік (а) және көлденең (б) поршеньді камераның қысу пен тығыздап құю машинасының жобасының машин литья под давлением:

1 — поршень; 2 — сұйық металл;
3 — қысу камерасы; 4 — қалыптың жылжымайтын бөлігі; 5 — қалыптың жылжымалы бөлігі; 6 — құю өндірісі; 7 — патка; 8 — шелек



Сұйық метал 2 арнайы терезе арқылы көлденең камераға құйылады. Поршень 1, солға жылжу арқылы, металлды қалыптың қуысына тығыздайды. Баспа қалдықтары поршеньді бос тұрған кезде ұстайды және қысым камерасынан шығарады.

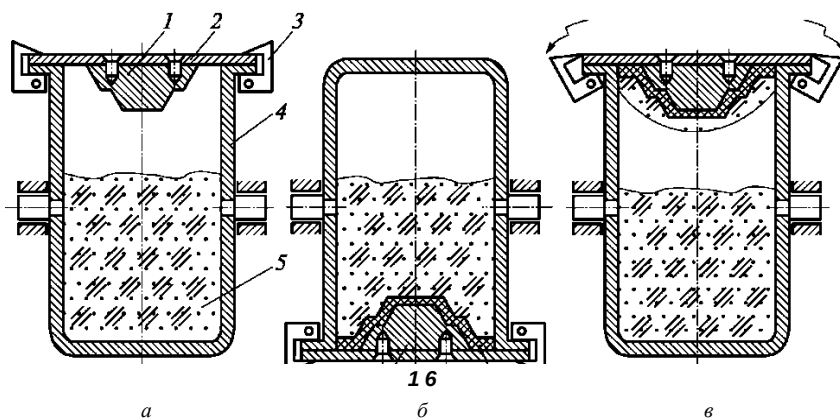
Салқын (тік немесе көлденең) тығыздау камерасы бар машиналарды негізінен алюминий, магний және мыс негізіндегі құймалардан жасалған ерінділер үшін қолданады. Ыстық тығыздау камерасы бар машиналар негізінен мырыш, қорғасын мен қалайы негізінде төменгі балқымалы қорытпалардан жасалған құймаларды жасау үшін қолданылады.

Қабықшалы қалыптарға құю. Бұл құйма әдісінің формасы - отқа төзімді базалық материалдан (толтырғыштан) жасалған қаптаманың қалыңдығы 6 ... 10 мм және байланыстырушы зат ретінде синтетикалық шайырды білдіреді. Қабықшаларды алу принципі қыздырылған кезде қайтарылмайтын түрде қатаюға қабілетті байланыстырғыштың қасиеттеріне енгізілген. Қабықшалы қалыптарға құюға арналған сұйықтықтар кез-келген қорытпаның салмағынан 5,15 кг (сирек $\geq 100,150$ кг) құймаларды құрайды.

Отқа төзімді негіз ретінде кварц құмы кеңінен қолданылады. Кірлердің құмда аз болған сайын оның сапасы да артады. Қоспалардың құрамының көбеюі байланыстырушы материалды тұтынудың артуына, қоспаның газдың құрамын ұлғайтуға және құйманың бетінің сапасының нашарлығына әкеледі.

Байланыстырушы материал фенол-формальдегидті синтетикалық термосетс шайырлары болып табылады.

Қабықшаларды жасаудың бірнеше әрекеттері бар - бункерлі, құмды және т.б. Бункер әдісінде (сурет 1.6) алдын ала қыздырғыш 5-тен 5 қоспамен



Сурет 1.6. Қабықшалы жартылай қалыптар алудың бункерлі әдісі:

- a—в* — технологиялық операциялар тізбегі; 1 — модель;
2 — мұқаба; 3 — қыстырғыш; 4 — бункер; 5 — қалыптау қоспасы;
6 — «ішкі» қабық

Бункер әдісінде (сурет 1.6) алдын ала қыздырғыш 5-тен 5 қоспамен 1 үлгісі бар модельдік метал пластинасы (сурет 1.6, а) 200 ... 270 ° С дейінгі температураға дейін балқытылған, содан кейін бункер 180 ° айналады. Араластыру үлгі тақтайшасында орналасқан, оның үстіне бүкіл жұмыс беті (1.6-сурет, б (1.6-сурет, б)). Бұл қоспа модельді плитаға орналастырылады оның барлық жұмыс алаңын жабады. Қоспаның синтетикалық шайыры, модельді плитаға орналастырылады, жылытылады, балқытылады, содан кейін қатайды. Қабаттың қалыңдығы қоспаның модельдегі, оның температурасына және толтырғыштың термофизикалық қасиеттерін ұстап тұру уақытына байланысты. Қажетті қалыңдыққа жеткенде, бункер бастапқы орнына бұрылады (Сурет 1.6, в). Модельдік тақтайшадағы қатпарланбаған қоспасы төменге төгіледі. Жаксырақ және жылдам араластыру үшін қоспасы бар үлгідегі пластиналар, 280.320 ° С дейін қыздырылған пешке беріледі. Қайнатылғаннан кейін қабықша модельдік тақтайшасынан алынып, пішіндердің жинағына жіберіледі.

Сонымен қатар, дәл осы технологиямен (қабық) бірдей уақытта екінші жартылай қалапты дайындайды, сондай-ақ қатты немесе шұңқыр болуы мүмкін шыбықтарды да өндіреді. Соңғы жылдарда шұңқырлар немесе қабықшалы құймалар қабығы тек қалыптарына ғана емес, сондай-ақ құмды құюға арналған дәстүрлі құюға да қолданыла бастады. Осындай шыбықтар массасы қатты салмаққа қарағанда 40,80% -ға аз, олар жоғары сапалы бетті құрайтын құймадан оңай сындырылады.

Құюдан бұрын жиналған қалыптарды металл қораптарға (контейнерлерге) орналастырады, мұнда нысанның беріктігін арттыру үшін қабықшалар арасындағы еркін кеңістікті - құм немесе шойын құю материалдарымен жабады. Қалыптарға құю конвейерде құйып кетуде жиі кездеседі. Металлды құйып болғаннан кейін, құйма қабығының қалыптары мен шыбықтары оңай жойылады. Қабықтардың қалыпты құймалары құмды қалыптарға құйылғаннан гөрі, жоғары дәлдікпен және бет сапасын жақсарттады.

1.2. Металдарды қысыммен өңдеу

Процестің жалпы сипаттамасы. Металлды қысыммен өңдеу (МҚӨ) процесі – бұл, материалға талап етілген қалыпты беру және физикалық-механикалық қасиеттерін оның тығыздығын иілгіштік деформациясын береді. Бастапқы пішін мен дене өлшемдерін қалпына келтірудің толық күшіне қарай, сыртқы күштердің әрекетін тоқтатқаннан кейін, серпімді (толық қалпына келтіру) және иілгіштік деформациялар бөлінеді. Иілгіштік деформация процесінде бастапқы құрылым өзгереді, ал материалдың механикалық қасиеттері күрт артады. Қазіргі заманауи металлургиялық зауыттар мөртабандарды, илектеуді, сурет салуды және басуды қолданады.

Қысыммен өңдеу процестері екі топқа бөлінеді - ыстық және суық деформация.

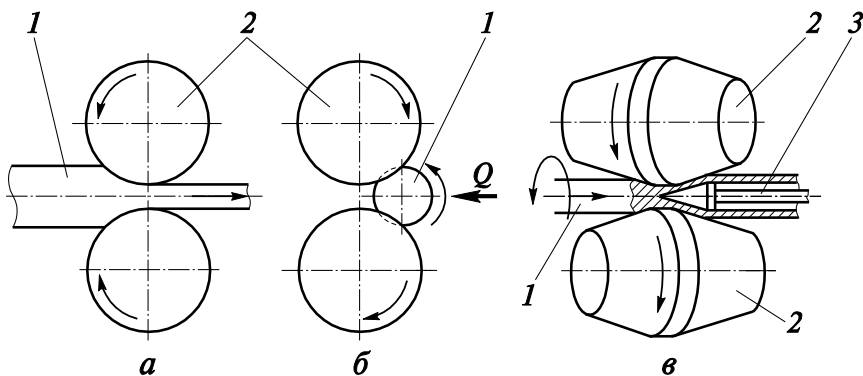
Металдарды шаппен өңдеу аркылы ыстық және суық таңбалаулар еркін өңделетін соққы процесі кіргізеді. Таңбалауда арнайы сипатталған құралдар пайдаланылады – таңбалаулар. Еркін соққымен бір немесе кішігірім ораулар жасайды. Шамамен 1 тоннаға дейінгі шағын және орташа кескіш орамаларды балғамен, ал үлкеніректерін – тығыздау машиналарымен шығарады.

Металлды жылыту - МҚӨ технологиялық процесінің маңызды операциялардың бірі болып табылады. Жылыту режимін қатаң сақтау, дайын профильдің геометриялық өлшемдерінің сапасына және дәлдігіне, өңдеу жабдығының күйіне және өндірістің техникалық-экономикалық көрсеткіштеріне айтарлықтай әсер етеді.

Металл өңдеудің басқа түрлеріне қарағанда МҚӨ көмегімен дайын өнімдерді алудың маңызды артықшылығы, құйылған металлдағы МҚӨ ақауларын түзеткенде, құрылым өзгереді. Материалдың қасиеттері айтарлықтай жақсарды. Себебі шөгу кезінде булануы жойылады, шөгілетін раковиналар, тіпті кішкене сызаттар да дәнекерленетін болады.

Илемдеу. МҚӨ-нің ең кең таралған түрлерінің бірі - илемдеу орамдарының арасында қажетті кескінді және өлшемді беру мақсатында кескінді азайту үдерісі. Ұзындықты илемдеу үшін (1.7, а суреттегі) металл 1 бір-біріне қарама-қарсы айналатын екі орамның арасында деформацияланады.

Үлкен сұрыпты, профильді және қалың беттерді ыстық бойлық илектеу әдісімен шығарады, жұқа бетті, лентаны, дәл өлшемдердің майда профилдерін - суықтай илектеу әдісімен шығарады. Металлды жылдам салқындатудың арқасында ыстық илеуге арналған жұқа беттер(қалыңдығы 1,5 мм) қиын шығады. Ыстық илеу суықтан гөрі тиімді және үнемді, бірақ суықтай илемдеу әлдеқайда жоғары дәлдікпен қамтамасыз етіледі және көбінесе беттерді, құбырларды және профильдерді өндіруге арналған соңғы қадам болып табылады.



Сурет. 1.7. Бойлық (а), көлденең (б) және көлденең-спиральды схемалар (в) илектеу схемасы:

1 - бос; 2 - роликтер; 3 - мандат; Q - дайындаманың орамдағы басу күші

Көлденең (сурет 1.7, с) және көлденең-спиральды (көлбеу) илемдеу үшін (1.7-сурет, в) орамалар бір бағытта айналады. Көлбеу илемдеу кезінде металл тек көлденең емес, сонымен қатар орамалардың қисаюына байланысты бойлық деформацияны да алады. Екі жағдайда да, роликтердің айналуына байланысты дөңгелек айналады. Көлбеу илемдеу – жіксіз ыстық илектелген құбырлардың өндіріс процесі, ал көлденең – мерзімді бөлімдердің арнайы профильдері. Бұл илектеу түрлері, әдетте, ыстық өндеу әдістеріне жатады.

Суретте. 1.7, в – жеңнің илемденуі көрсетілген, одан сосын жіксіз құбырлар алады. Штанг (дайындық) 1 бір бағытта айналған біліктердің 2 арасындағы кеңістікке құлайды, бір-біріне қатысты бұрылып орналасқан шағын бұрышпен (8-24 °) беріледі. Бұл жағдайда штанг қызады. Роликтердің арасында, жылжымалы штангаға арналған жолда, әдетте, *дорн* деп аталатын конустық жиек 3 орнатылды. Дорн цилиндрлік пішіннің ішкі қуысын қалыптастырады. Одан қалың қабырғалары шұңқыр профиль шығады – жең. Бұл үдеріс *микробағдарлама* деп аталады. Жең микробағдарламадан соң қалың қабырғалы болады (құбырдың диаметрінің 20%-ы), болғаннан кейінгі жеңнің бетінде бұрандалы сызықтар түрінде орамның іздері мен дорн қалады. Басқа прокат зауыттарында өндеу арқылы микробағдарламадан кейін тегіс беткі қабаты бар жұқа қабырғалы құбырлар алынады.

Белгілеу бойынша диірмендер ұзын өнімді өндіруге арналған бастапқы дайындама болып табылатын жартылай фабрикаттарға арналған роликті фабрикаларға және дайын прокат шығаратын диірмендерге бөлінеді.

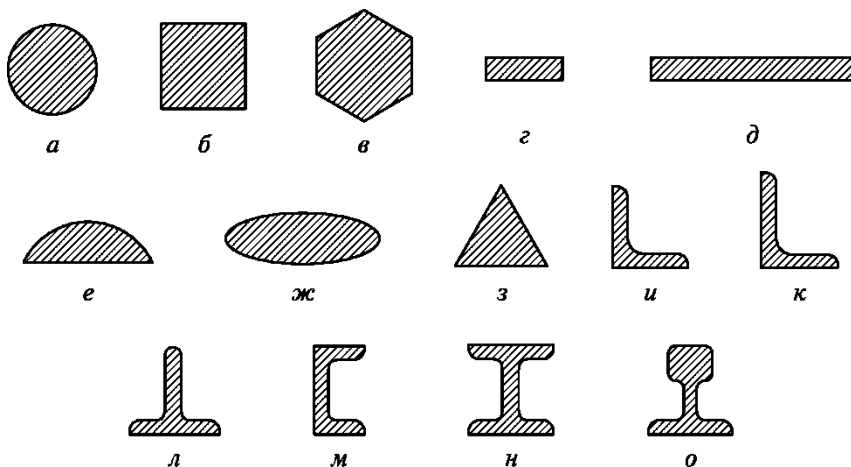
Алғашқы типке *кептіру диірмендері* кіреді – блюмингтер және слябингтер. Олар салмағы 25 тоннаға дейін құймалар үшін қолданылады. Блюмингтерден блюмдар алады - тіктөртбұрышты қималық дайындық (200 x 200 және 350 x 350 мм) және слябтар – тік бұрышты қималық дайындық (ені 1 600 мм және қалыңдығы 300 мм).

Екінші типіне ұзақ өнімдер алу үшін темірбұзды диірмендер жатады, сым диірмендер – диаметрі 5 ... 10 мм дейін сымдар алу үшін, парақты және түтікті диірмендер, сондай-ақ прокаттың арнайы түрлерін өндіруге арналған диірмендер. .

Диірменнің ассортименті фабриканың диапазоны пішінде, бөлікте және өлшемде алынған өнімдердің жиынтығы болып табылады.

Ұзындықты илектеу станоктарында дайындалған жылжымалы өнімдердің негізгі ассортименті күріш. 1.8. Сортты және профильді жылжыту калибрленген (роликті) роллдарда жүргізіледі, парақтар мен жолақтар тегіс бөшекелермен басылып шығарылады. Кесілген кесек ағын деп аталады, екі ағын калибрді құрайды. Калибрлеу - деп ағындардың орамдарында дәйекті орналасуды айтады, бұл белгілі бір өлшемдердің дайын профилін жасауды қамтамасыз етеді.

Ресейде прокат бұйымдары бар, әртүрлі мақсаттар үшін қолданылатын анықтамалар, техникалық шарттар мен каталогтар бар.



Сурет. 1.8. Иелектеу өнімінің диапазоны:

а - шеңбер; б - шаршы; в - алтыбұрыш; г - жолақ; д - парак; е - сегмент;
ж - сопақ; з - үшбұрыш; и - біркелкі бұрыш; к - тең емес бұрыш;
л - күлгін сәуле; м - арна; н - екі күлгін сәуле; о - рельс

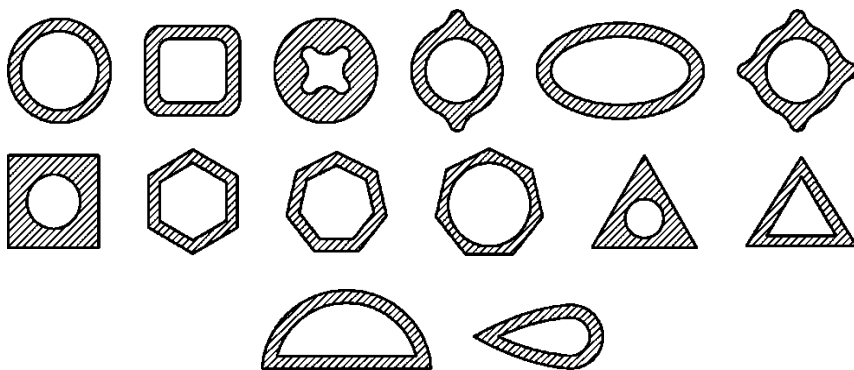
Барлық илемдеу өнімдері әртүрлі болып бөлінеді; жапырақ (4 мм - жұқа, 4 мм-ден қалың); құбырлар (ыстықтай басылған және суықтай басылған); профильдер (қарапайым және фланецті); прокаттың арнайы түрлері.

Жіксіз құбырларды өндіру. Құбырлы жылжымалы станоктар, әдетте, толық өндірістік циклге ие және суықтай илектелген, сондай –ақ ыстықтай илектелген, тартылған және дәнекерленген құбырларды жеткізеді. Центрифугалы құйылған құбырлар дайындама ретінде пайдаланылады және дайын өнім ретінде аз жеткізіледі. Ыстықтай илектелген құбырлар екі әдіспен - прокат және басу.

Ыстықтай илектелген құбырлар суықтай илектелген және суықтай тартылған құбырлардың барлық түрлерін дайындауға мүмкіндік болып табылады. Көптеген құбырлардың дөңгелек көлденең қимасы бар, сонымен қатар бейінді және көлденең қиманың құбырларын шығарады (1.9-сурет).

Жіксіз құбырлардың ассортиментінде жиі сыртқы (650 мм-ден бірнеше миллиметрге дейін) және қабырғаның қалыңдығы (75 мм-ден миллиметрдің оннан біріне дейін) сипатталады. Механикалық, физикалық және пайдалану қасиеттеріне арналған жіксіз құбырлар құюға және дәнекерлеуге қарағанда жоғары, бірақ әлдеқайда қымбат.

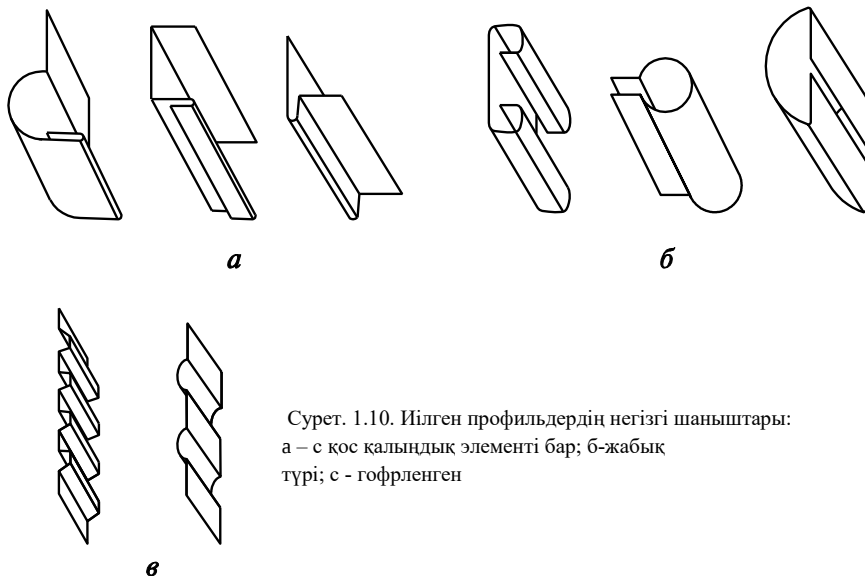
Іілген профильдерді өндіру. Арнайы диірмендердің ерекше түрі - роликті диірмендер. Бұл диірмендерде профильдер жолақтың суық иілу әдісімен жасалады (1.10-сурет). Осындай профильдерді ыстық илеу арқылы алу көбінесе жұқа қабырғалардың тез суып қалуынан және олардың пішіндерінің қиындығынан мүмкін емес.



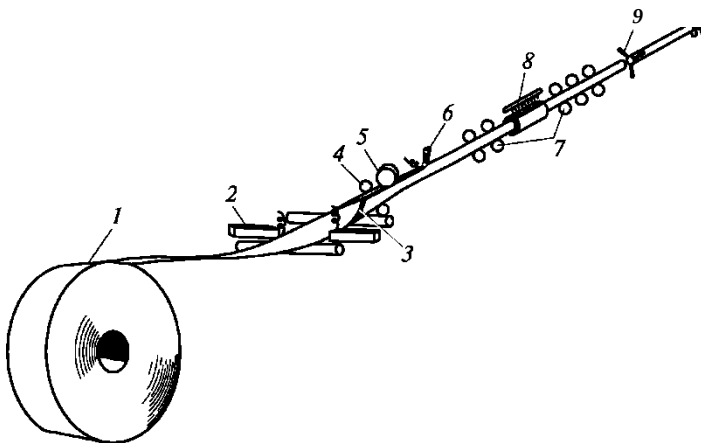
Сурет. 1.9. Жіксіз құбырлардың негізгі профилдері

Иілген профильдерді қысымдап басу арқылы шығаруға болады, бірақ бұл әдіс өнімділігі төмен және профильдің ұзындығын шектейді. Көп ұялы иілгіш диірмендері үздіксіз түрдегі 6-20 реттік ұялық диірмендерін (орамдағы жұп) қамтиды. Әрбір жұқа иілу орамында жолақ бөлімі өзгереді, бірте-бірте қажетті пішінді соңғы диірменге біртіндеп енеді. Иілу фабрикаларында көлденең кимада іс жүзінде өзгеріс болмайды, тек оның пішіні өзгереді. Жылжымалы профильдерді құрылыста және машина жасауда пайдалану жылжымалы металды 40% дейін үнемдеуге мүмкіндік береді.

Дәнекерленген құбырлардың өндірісі. Дәнекерленген құбырлар құбырлардың дәнекерлеу машиналарында әртүрлі тәсілдермен жасалады, оның ішінде ескіден келе жатқаны пештің дәнекерлеуі де бар.



Сурет. 1.10. Иілген профильдердің негізгі шаныштары:
а – с қос қалыңдық элементі бар; б-жабық түрі; в - гофрленген



Сурет. 1.11. Электр дәнекерлеу құбырларының өндірісінің технологиялық процесінің құрылымы:

1 - таспалы жолақ; 2 – жолақты шетін тазалау; 3 - қалыптастыру (илектеу);
4 - шеттерін қысу; 5 - шеттерін дәнекерлеу; 6 – үгітін тазалау; 7 – құбырды диаметрі бойынша калибрлеу; 8 - салқындату; 9 - қозғалысты кесу

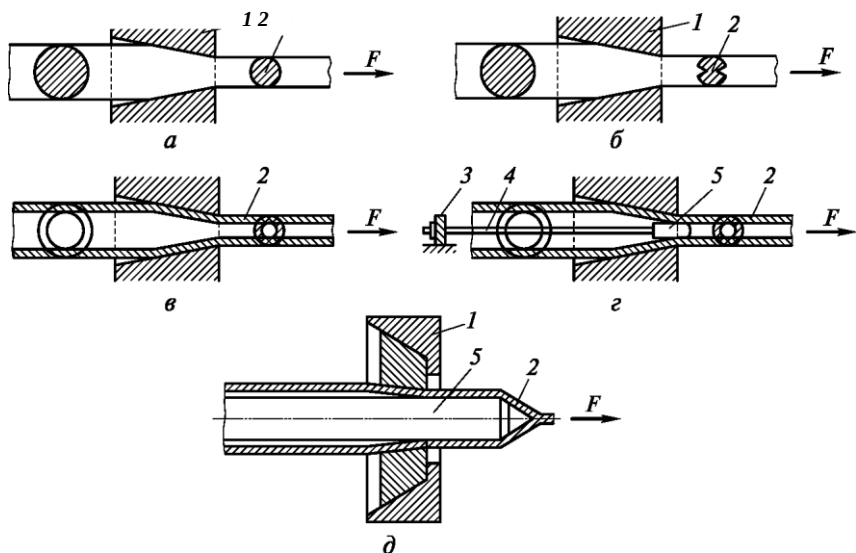
Заманауи әдістердің ерекшелігі электр дәнекерлеудің, оттегі-ацетиленді дәнекерлеудің, дәнекерлеудің әр түрлі әдістерін пайдалану болып табылады. Дәнекерленген құбырларды өндіру процесі роликтен немесе тығыздауды қалыптастырудан тұрады - түпнұсқалық жолақты (сызықтарды) құбырға дәнекерлеу арқылы кейіннен бірлескен жері арқылы дәнекерлеуді жүргізеді. Құбыр дәнекерлеуші агрегат құбырларды өндіру, оларды кесу, тасымалдау, бақылау, өндеу және тасымалдау үшін өндірістік желі түріндегі механизмдер мен машиналардың жиынтығын ұсынады. Сызыққа бірнеше көп ұялы диірмендер кіреді: пішіндеу және дәнекерлеу, калибрлеу, азайту.

Суық деформацияланған құбырларды электр дәнекерлеу процесінің заманауи және кең таралғаны болып табылады (1.11-сурет). Бастапқы материал - процестің соңында дәнекерленген жікпен алты немесе одан да көп торлы диірменде құбырға жасалған суықтай илектелген сызық немесе жолақ.

Бастапқы жолақтың енінен үлкенірек диаметрі бар құбырларды жасау үшін спиральды жару әдісі қолданылады.

Дәнекерленген құбырлар диаметрі (5 ... 1 620 мм және одан да көп) қабырғасының қалыңдығы (0,5 - 40 мм және одан көп) диаметрі бойынша шығарылады.

Сүйрету. Сүйрету процесінің мәні металдың деформациясынан оны ұзындығы бойымен дөңгелек, квадрат немесе күрделі профильді траекторияның арна арқылы тартуында (1.12-сурет). Сүйреу құралы, сүйреуіш (өлшеу, өлшеу) қатаңдалған болаттан, қатты қорытпалардан және дәл бұйымдардан - алмастан (металл сақинаға салынған) жасалған.



Сурет 1.12. Сүйрету процесінің негізгі құрылымы:

а - дөңгелек үздіксіз профиль; б - пішінді тұрақты профиль; в - майы жоқ дөңгелек түтік (азайту); г,д - дөңгелек түтік диаметрі мен қабырғасының жұқаруы аз қысқа және ұзын муфталарда; 1 - сүйрету; 2 - созылмалы өнім; 3 - штаттық жиек; 4 - қысқа штатты жиек; 5 - жиек; F - тарту күші

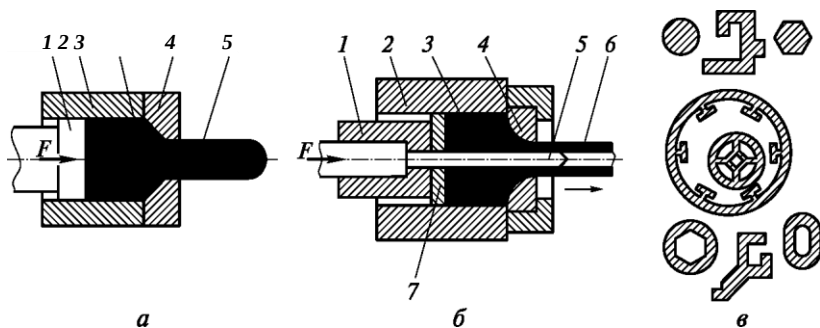
Жиекке сүйрету жасау диаметрді азайтуға ғана емес, сонымен қатар құбыр қабырғасын әлдеқайда жұқа етіп жасауға мүмкіндік береді.

Тығыздау. Металлдың экструзиясы (экструзия) процесі контейнердің қуыс бөлігіндегі розетка арқылы ашылады - матрицаның нүктесін тығыздау деп атайды. Ыстық тығыздау әдісімен қазіргі уақытта өнімдердің кең ауқымы дайындалады: диаметрі 3...250 мм пруткалар, диаметрі 20...560 мм (қабырғасының қалыңдығы 1,5...15 мм) құбырлар және күрделі көлденең қиманың түрлі профильдері.

Тығыздауды көбінесе түрлі металлдарды өңдеуде қолданады, сонымен қатар балкуы қиын (вольфрам, ниобий және т.б.) және оларға негізделген қорытпаларды болаттан азырақ қоса алғанда. Тығыздауда құймалар да, деформацияланған метал да басылады.

МҚӨ басқа процестерімен салыстырғанда, өңделген металлдың күйзеліс жағдайының ең қолайлы схемасы, басқа, бұзылу қаупі жоқ төмен иілгіштік және тіпті мыжылған металлдарды өңдеуге мүмкіндік береді. Деформацияланбаған шойын үтіктерін белгілі өңдеу қысымның өңдеудің басқа әдістерімен (құбыр өндірісі) белгілі.

Тығыздау тәсілі арқылы өте кең ауқымты ассортиментті дайындайды тұтас және жартылай профильдерді, құбырлар мен панельдердің өте кең ассортименті, соның ішінде илектенген профильдер басылады.



Сурет. 1.13. Қатты (а) және қуыс (б) профильдерді басып шығару құрылысы және (с) басу арқылы алынған профильдердің мысалдары:

1 — сокқы; 2 — контейнер; 3 — дайындық (тығыздалған материалиал); 4 — тесігі бар матрица (арнасымен); 5 — ине; 6 — тығыздалатын бөлік; 7 — тығыздағыш-шайба;
F — қысқыш күші

Іс жүзінде профильді жылжытудың кез-келген түрін тығыздау арқылы байындауға болады. Үдеріс өлшемінен өлшемге және профильдің бір түріне екіншісіне көшу бойынша әмбебап. Тығыздаудың екі әдісі бар - тікелей және кері (сурет 1.13).

Тікелей тығыздау кезінде металл 1-ші бұрылыс қозғалыс бағыты бойынша қысылады (18-ден 20-ға тығыз-қалдық), ал артынан - металл контейнерден 2 қимылға қарама-қарсы сокқыға 1 қадамға (5,6% -ы тығыз-қалдық) жылжу бағытына қарай жылжытылады. Тікелей тығыздауда бетінің сапасы жоғары, кері тығыздауға қарағанда, бірақ кері тығыздау аз күш жұмсауды талап етеді..

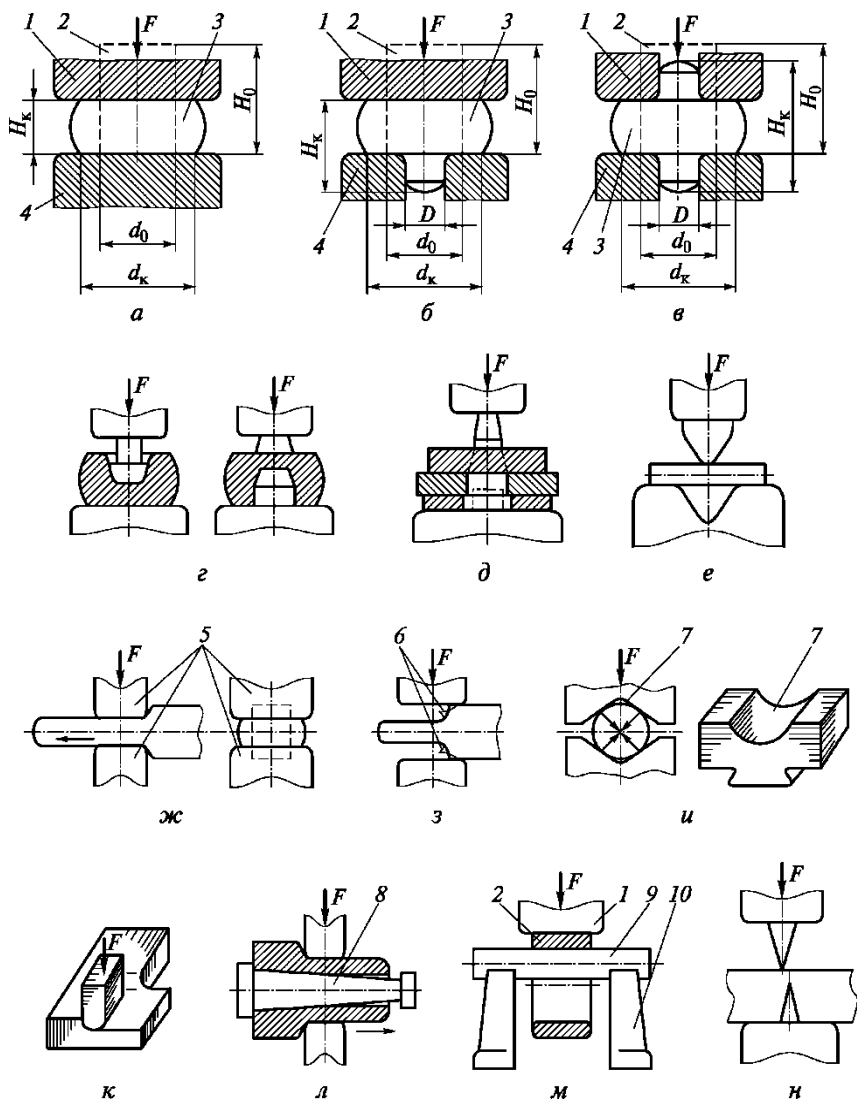
Тығыздауға арналған құрал контейнер 2, матрица 4, соккын 1 (мортаңба), ине 5 және ине ұстағыштан тұрады (бос профильдер мен құбырларды тығыздау үшін).

Еркін соғу. Мерзімді әсердің немесе құралдың статикалық әрекеттерінің әсерінен металлдың еркін ағыны процесі еркін соғу деп аталады (1.14-сурет).

Еркін соғудан бірнеше грамнан 250 тоннаға дейін және одан да көп өлшемдерде бірнеше сантиметрден оншақты метрге дейінгі бөлшектерді құрап шығарады. Еркін соғу қолмен және машинамен деп бөлінеді. МҚӨ-нің ескі әдісі (қолмен соғу) қазіргі кезде кішігірім жөндеу цехтарында сақталып қалды.

Еркін машина жасау балғамен және тығыздау машиналарында орындалады.

Көлемді және паракты таңбалау. Таңбалау - бұл арнайы құралдың (мортабанның) көмегімен күштеу ақылы өнімді дайындау тәсілі, оның жұмыс қуысы түпкілікті таңбалаудың (өнімнің) конфигурациясын анықтайды. Өз өлшемдері, дәлдігі, рұқсаты мен жеңілдіктері бойынша маркалар еркін соғу арқылы алынған өнімдерге ұқсас бөліктерге қарағанда әлдеқайда жақсы. Бедерлі пішіндер дайын пішінге және қалыпқа қарай



Сурет. 1.14. Дайындаудың бір бөлігін еркін соғу арқылы құрастырудың негізгі

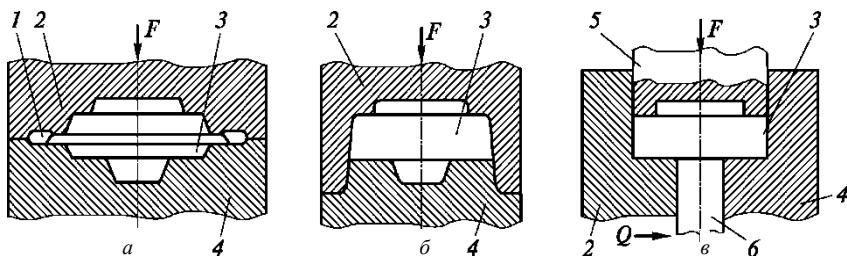
а - материалдың ағып кетуінсіз шөгінді; б, в - материалдың ағып кетуімен шөгінді; г - екі жақты микробағдарлама; д - өтпелі микробағдарлама; е - иілу; ж, з - жалпақ шабуылшылары бар броштора; и - браконьерлік шабуылдаушылар; к - шабуылшыларды ұрыстыру; л - мөртабанымен саңылау; м - мөртаңбаға илектеу; н - кесу; 1 - жоғарғы пластина; 2 - дайындық; 3 - соғу; 4 - төменгі пластина; 5 - жалпақ ереуілшілер; 6 - қысқыштар; 7 - ұшы; 8 - конустық майлау; 9 - цилиндрлік майлау; 10 - қойғыш; d_0 - дайындаманың диаметрі және тиісінше соғуы; D - пластинадағы тесік диаметрі; H_0 , H_k - биіктігі, тиісінше, дайындау; F - соғу күші

Бейімделіп, бұйымдар формасы мен өлшемі аяқталған бөлігіне қарай жылжиды.

Көлемді және бетті басып шығаруды ажыратады. Көлемді басып шығару үшін, профильді немесе кескінделген дайын материалды қолданады, бетті дайын материалды шығаруда бет тәрізді металл қолданылады. Көлемді басып шығару әдістері бойынша күрделі конфигурацияларлық дайын материалдардан (тісті доңғалақтар, муфталар, кронштейндер, тетіктер және т.б.) дайындайды. Беттік басып шығарудан үшін әртүрлі корпус өнімдерін алуға болады (жеңіл және жүк көліктерінің сырты мен корпусы, кеме соғудың иіlmелі корпусы бөлшектерін, күрделі конфигурациядағы қорап тәрізді бұйымдар және т.б.).

Күрделі басып шығару ыстық және суық болады. Ыстық көлемді басып шығару процесінің мәні, оптималды температураға дейін қыздырылған дайындықты жарты басып жығарулардың бірінің ішіне құяды, ол жерде ол қолданысында қалаған пішінге ие болады. Ашық басып шығаруларда бөренелердің қалыптасуы жүреді, сондықтан дақылдың көлемін есептеу кезінде дайын басып шығару көлемін шөгінділер саны бойынша ұлғайту керек. Бұзба басып шығаруды металлмен толтыруды жеңілдетеді және басып шығарманы алу кезінде біршама көлемде айырмашылығы бар бірдей жұмыс бөлшектерін пайдалануға мүмкіндік береді. Жоғарғы ағынның алауына қол жеткізу үшін арнайы аралық кесіледі. Ашық басып шығаруда, дайын басып шығармаларды алуды жеңілдету үшін ағындарда арнайы иіlmелі штамптау бейімділігі жасалады.

Жабық қаптамаларда басып шығаруларды жалынсыз жүзеге асырылады. Бұл жағдайда басып шығарма және иіlmелі беткейлердің қатысуымен басып шығарудың еркін шығарылуына кедергі болады, сондықтан арнайы шығару құрылғысы қолданылады. Бұзылмалы басып шығаруларға жікті басып шығармалар және пресстеу типіндегі сықпалы басып шығарула жатады. Ыстық көлемді басып шығаруға арналған басып шығарулар типінің негізгілері 1.15. суретте ұсынылған.



Сурет 1.15. Көлемді басып шығаруға арналған басып шығармалар түріштамповки:

a — ашық; *б* — жабық; *в* — қысуға арналған; 1 — көлбеу ойық; 2, 4 — сәйкесінше матрицаның жылжымалы және жылжымайтын бөлігі; 3 — соғу; 5 — соққы; 6 — итергіш F , Q — сәйкесінше пуансонды және матрицаның жылжымалы бөлігін күшейту;

Суық күйдегі басып шығаруды, ыстық күйде қолданылатын өңдеумен бірдей тіректерде жүзеге асырылады. Суық тай басып шығарудың белгілерінің негізгі артықшылығы шағын қалыңдығын (жолақты) және көлденең қиманың (бар, сым) дайындықтарын деформациялау мүмкіндігінен тұрады.

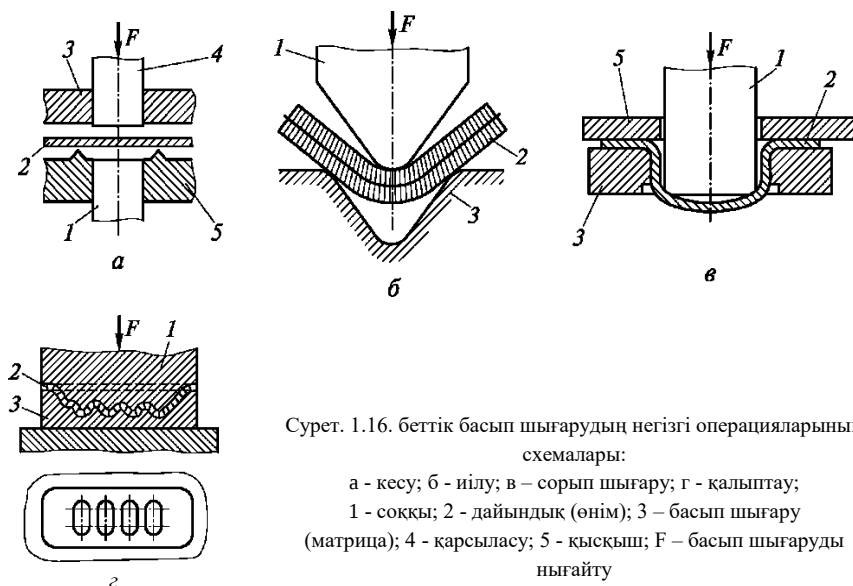
Суық көлемді басып шығару процесінің мысалдары болттар, шегелер, бұрандалар және шарлар тәрізді бар өнімдерді дайындау үшін салқындатқыш процестер болып табылады.

Бетті басып шығарудан автомобильдер, тракторлар, ұшақтар, ауылшаруашылық техникалары, тоңазытқыштар үшін өнімдер шығарады. Әсіресе, беттік басып шығарудың кеме жасаудағы (корпустың өндірісі, есіктері, палубалары, калқандары) қолданылуы өте үлкен. Машинажасаудың негізгі салаларында және халық арасындағы өндірісте тауарларды тұтыну материалдардың қолданылуында арналған беттік басып шығару үлес салмағы 60 ... 98% құрайды.

Беттік басып шығарудың негізгі операцияларының схемасы. 1.16. сурет

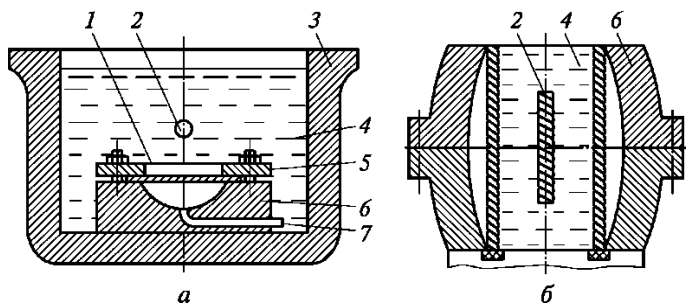
Әдеттегі МҚӨ процестерінде деформация жылдамдығының жоғарылауы металлдың төзімділігін төмендеуіне көмектеседі. Алайда, жоғары жылдамдықтағы өңдеу кезінде, беріктігін арттыру ғана емес, сонымен қатар металлдың төзімділігі де артады.

Жоғары деформация жылдамдығының оң әсерін қолдану жарылыспен электр гидравликалық басып шығару арқылы жүзеге асырылады (1.17-сурет). Жарылғыш заттардың жарылыс толқыны сұйықтық арқылы беріледі.



Сурет. 1.16. беттік басып шығарудың негізгі операцияларының схемалары:

а - кесу; б - илу; в - сорып шығару; г - қалыптау;
1 - соққы; 2 - дайындық (өнім); 3 – басып шығару
(матрица); 4 - қарсыласу; 5 - қысқыш; F – басып шығаруды
нығайту



Электр доғалы дәнекерлеу. Дәнекерленген құрылымның материалына, оның жалпы өлшемдеріне, дәнекерленген металдың қалыңдығына және дәнекерленген өнімнің басқа да ерекшеліктеріне байланысты электр доғалық дәнекерлеудің әртүрлі түрлері пайдаланылады. Сондай-ақ, көміртекті және төмен қорытылған құрылымдық болаттан жасалған конструкцияларды өндіру үшін, қалың жабындысы бар жоғары сапалы электродтармен қолмен дәнекерлеу, автоматты және жартылай автоматты суасты доғалы дәнекерлеу, сондай-ақ көміртегі қос тотығындағы дәнекерлеу кеңінен қолданылады; жоғары легирленген болаттардың, оларға негізделген түсті металдар мен қорытпалардың дәнекерлеу конструкцияларында аргонды дәнекерлеуді қолданады, бірақ белгілі бір жағдайларда электр дәнекерлеудің белгілі бір басқа түрлерін қолдануға болады.

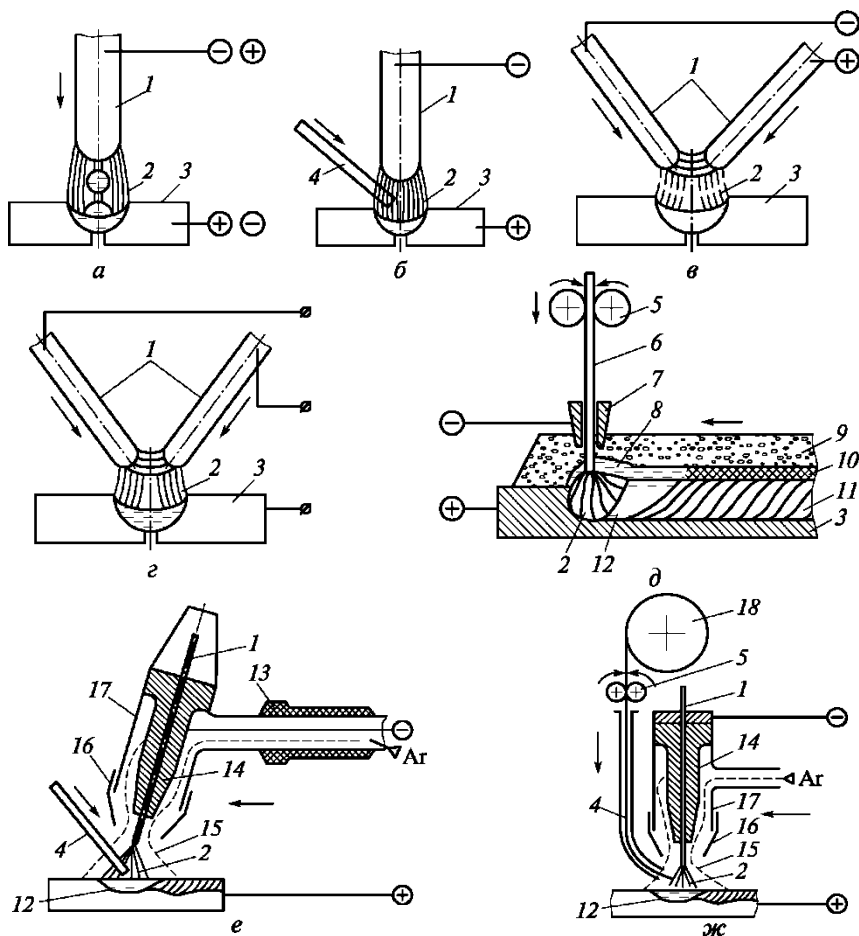
Дәнекерлеудің барлық әдістерінен қалың қапталған электродтарды балқыту арқылы қолмен дәнекерлеу доғалық дәнекерлеудің кең тараған түрі. Дәнекерлеу процесі 1.18, а. суретте келтірілген. Доға 2 дәнекерлеу генераторынан немесе түзеткіштен дәнекерлеу трансформаторынан ауыспалы токпен және тұрақты токпен қуатталады. Ең көп қолданылатын тұрақты ток. Қазіргі уақытта қалың жабық электродтар ғана пайдаланылады, яғни, белгілі бір өлшемдердің металдық штангасы (шыбықтың) жақпамен жабылады (электродты жабу). Балқытумен бірге еріту кезінде жабынның құрамы дәнекерленген металдың жігінің тотығуынан және азоттануынан қорғайды және дәнекерленген металды қажетті механикалық қасиеттерге, сондай-ақ доғаның жануға тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Егер доға тұрақты токпен берілсе, онда электродтың түріне байланысты тікелей немесе кері байланыс полярлығы пайдаланылуы мүмкін.

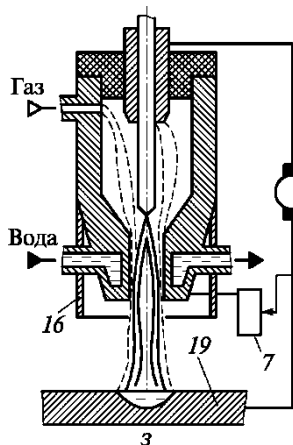
Тікелей полярлық - қуат көзідеп, қуаттың теріс полюсі электродқа, оң полюсі өнімге қосылған болса, ал керісінше полярлықта керісінше кері байланыспен байланыстырылады. Көптеген сапалы электродтар маркасы үшін, кері полярлық ұсынылады.

Тікелей әсер доғасы арқылы тұтынылмайтын (көміртекті) электродтарды қолмен доғалық дәнекерлеу жіңішке беттік көміртекті құрылымдық болатты дәнекерлеу, сондай-ақ оларға негізделген кейбір түсті металдар мен қорытпаларды дәнекерлеу үшін қолданылады. Дәнекерлеу процесінің схемасы 1.18, б. суретте келтірілген. Дәнекерлеу доғасы тікелей полярлықтың тұрақты тоғын қамтамасыз ететін кезде орындалады, бұл процестің үздік тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Қазіргі уақытта дәнекерлеудің бұл әдісі сирек пайдаланылады.

Көмір электродтарына жанамас әсер ету арқылы қолмен дәнекерлеу болаттың жіңішке бөлшектерін дәнекерлеуге, солардың негізіндегі кейбір түсті металдар мен қорытпаларды дәнекерлеу үшін ғана пайдаланылады. Дәнекерлеу процесінің схемасы 1.18, в, г суретте келтірілген.



Сурет 1.18. Электр доғасын дәнекерлеу схемалары



а, б - еритін және ерімейтін электродтарға сәйкес қолмен доғалай дәнекерлеу; в, г - тұрақты немесе үш фазалы токпен, тиісінше, жанама әрекет ететін әрекеттің доғалы қолмен дәнекерлеу; д - автоматты түрде су құйылған доғалық дәнекерлеу; е, ж - толтырғыш материалды қолмен және механикалық беру арқылы тиісінше вольфрам электродымен аргонды доғалы дәнекерлеу; 3 - плазмалық дәнекерлеу; 1 - электрод; 2 - доға; 3 - негізгі металл; 4 - толтырғыш сым; 5 - беру механизмі; 6 - электродты сым; 7 - ағымдық қорғасын; 8 - сұйық шлак; 9 - ағын; 10 - қожды қыртысы; 11 - дәнекерленген қолмен; 12 - сұйық металл; 13 - қыздырғыштың тұтқасы; 14 - саңылаулар; 15 - қорғаныс газдың атмосферасы; 16 - саңылаулар; 17 - қыздыру корпусы; 18 - сым; бар кассета; 19 - дайындық

Бұл жағдайда дәнекерленген тігіс, әдетте, толтырғыштың (қосымша) металдың қатысуынсыз екі жақты жиектердің балкуына байланысты қалыптасады. Электр доғасының тұрақты қуат көзінің тоғымен тұтынғанда электродтардың тұтылуы бірдей болмайды (электрод анод болып табылатын, ол үлкен жылуды жіберудің арқасында әлдеқайда жылдам пайдаланылады) доғаның электродты біркелкі разрядтау қамтамасыз етілуі үшін, бұл жағдайда доғаның қуат көзі кезекпен орындалады.

Автоматты және жартылай автоматтандырылған су асты доғалы дәнекерлеу көміртекті төмен қосылған және жоғары легирленген болаттардың кейбір сорттарын дәнекерлеу үшін қолданылады. Шағын көлемде бұл әдіс белгілі бір түсті металдар мен оларға негізделген қорытпаларды дәнекерлеуде қолданылады.

Су астында дәнекерлеу кезінде (1.18, д. сурет) доғаның қалың қабаты (40 ... 60 мм) дәнекерленген металдардың қосылысына құйылған балқытылған ағынның көпіршігінде күйдіреді. Дәнекерлеу кезінде, доға балқытылған және балқытылмаған ұнтақталған ұнтақ ағынымен жабылады, металды шашырамай қорқынышсыз ашық доғалық дәнекерлеумен салыстырғанда ток тығыздығы бірнеше есеге көбейтілуі мүмкін, бұл өнімділік процесін айтарлықтай (бірнеше есеге) арттырады. Қолмен доғалық дәнекерлеумен салыстырғанда қалыңдықтардың жолақтары кеңейтіліп, екі жақты тістелмейтін дәнекерлеудің, дәнекерлеуге арналған бөліктерді дайындау уақытын азайтады.

Доғаларды токпен қуаттандыру қалай ауыспалы токпен іске асса, дәл солай тұрақты токпен де қуаттауға болады.

Дәнекерлеу бассейнінің көлемі (балқытылған металл және ағын) жеткілікті үлкен болғандықтан, олардың ағызуын болдырмау үшін бұл әдіс төменгі позицияларда ғана орындалады. Дәнекерленген жікс көлденең жазықтықта немесе дәнекерленген беттің өте аз қисықтарында орналасады, әдетте, горизонттағы 7° аспайды. Бұл осы дәнекерлеу әдісінің көлемін бірнеше шектейді.

Вольфрамды электродпен аргон доғалық дәнекерлеу келесідей орындалады (1.18-сурет, е, ж сурет). Вольфрамды электродты арнайы қыздырғыштың ағымдық тасымалдағышына тіркейді, оған ток-тасымалдағыш және инертті газ-аргонды тіркейді. Шанышқылардың саптамасынан 16 шығып, аргон ағыны ауаны шығарады және электродты, доғаны және дәнекерлеу бассейнін тотығудан және азоттанудан сенімді қорғайды. Осылайша, процесс дәнекерлеу аймағының ауамен байланысынан реактивті қорғаныспен жүзеге асырылады. Жікті (роликті) нығайту үшін қосымша (толтырғыш) метал қажет болса, дәнекерленген металл сияқты бірдей немесе ұқсас құрамды толтырғыш сымды доғаға жіберіледі.

Процестің осы схемасы бойынша ауаның оттегі мен азотынан дәнекерлеу бассейнінің (және, қажет болғанда, салқындатқыш жіктің) өте сенімді изоляциясы бар, бұл әдіс, негізінен, металдар мен қорытпа-

лардың дәнекерлеу өнімдері үшін пайдаланылады, олар газдарға үлкен жақындығы бар - ауа компоненттері (мысалы, титаннан, цирконийден, алюминийден, магнийден және басқа да химиялық белсенді металдардан) немесе коррозияға төзімді болаттан және басқа да материалдардан жауапты құрылымдарды өндіруде.

Плазмалық дәнекерлеу (1.18, з - сурет) - аргон доғалық дәнекерлеудің бір түрі. Аргонды доғалыдан айырмашылығы, электрод пен өнім арасындағы доғаның шүмегінің шүмегінен еркін ағатын аргон ағынында жанып тұрған кезде, плазмалық дәнекерлеу кезінде доға, шырақтағы жіңішке бұрғылаудан өтетін - плазмотрон деп аталатын газ ағыны қысылады.

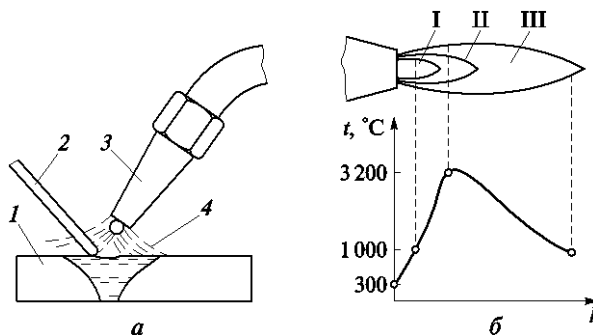
Доғаны қысу оның бағанының температурасын арттыруға әкеледі: еркін жалынмен жанып жатқан доғада, бұл температура шамамен 5 730 °C, қысыңқы доғаны жағу кезінде температура 14730 ... 24730 °C дейін көтеріледі. Соның салдарынан газдың иондалу дәрежесі артады, бұл өз кезегінде дәнекерленген металды жергілікті қыздырудың тиімділігін арттырады.

Сонымен қатар плазмалық генератордан басқа, қорғаныш газы дәнекерлеу аймағын ауамен байланыста сенімді оқшаулауды қамтамасыз ететін қыздырғыш арқылы қамтамасыз етіледі. Плазмалық дәнекерлеу аргонды доғалық дәнекерлеуде қолданылатын дәл сол материалдарды қосу үшін қолданылады.

Көмірқышқыл газымен дәнекерлеу көбінесе көміртекті және төмен қорытпаланған құрылымдық болаттан жасалған жалпы конструкцияларды өндіруде және машина жасауда қолданылады. Әдетте дәнекерлеу электродтық сыммен жасалады, оның құрамында деоксидизаторлардың жеткілікті саны - кремний және марганец бар. Бұл жоғары температурада көміртек диоксидінің көміртек тотығы мен оттегіге бөлінетіндігімен және дәнекерлеу аймағында соңғысы 20% немесе одан да көп мөлшерде болуы мүмкін. Осылайша, дәнекерлеу аймағындағы көміртегі диоксиді күшті тотықтырғыш болып табылады және шын мәнінде пісіру бассейнін азотиттен қорғайды. Дәнекерлеу бассейнінде жеткілікті мөлшерде кремний мен марганец болған жағдайда, бұл элементтер деоксидизаторлар ретінде жұмыс істейді және осылайша қажетті композицияның дәнекерленген металын алуға мүмкіндік береді және дәнекерлеу бассейнінің контактісінен газ ағынын сенімді қорғап, нитраттардың пайда болу мүмкіндігін болдырмайды.

Газды дәнекерлеу. Газды дәнекерлеу кезінде (1.9, а - сурет), дәнекерленетін металдың екі жағы экзотермиялық реакцияның жылуында ерігенше қыздырылады, содан жанғыш газдың (әдетте C_2H_2 ацетилені) және оттегі арасындағы дәнекерлеу шанышының 4 жалынына дейін жылытылады. Ацетилен судың өзара әрекеттесуімен кальций карбидінен алынады.

Ацетиленді оттегі қоспадағы жану құрылымы үш аймақты құрайды - ядро (I), орташа аймақ (II) және алаудың (III) (1.19, б - сурет) болуы арқылы



Сурет. 1.19. Газ дәнекерлеу процесінің (а) және ұзындығы бойынша жалынның t температурасының схемасы:

1 - дайындама; 2 - толтырғыш сым; 3 - дәнекерлеу шамы; 4 - газ жалыны; I - ядро; II - ортаңғы аймақ; III - жалын алауы

сипатталады. Ең жоғары температура ($2\,730 \dots 2\,300^\circ\text{C}$) II аймағында орын алады, сондықтан пештің дәнекерлеуі жалынының ядросын дәнекерлеу бассейнінің бетіне тиіп тұратындай етіп орналастырады.

Газды дәнекерлеу жұқа тақтайлы болаттан жасалған бұйымдар өндірісінде қалай қолданылса, дәл солай шойынды дәнекерлеуде (жөндеу жұмыстары үшін) және оларға негізделген кейбір түсті металдар мен қорытпаларда да қолданылады.

Термитті дәнекерлеу. Дәнекерлеудің бұл түрі термит компоненттерінің алмасу реакциясы кезінде босатылған жылу энергиясының арқасында жүзеге асырылады - темір оксидтерінің қоспасы (шамамен 80%) және ұсатылған алюминий (шамамен 20%).

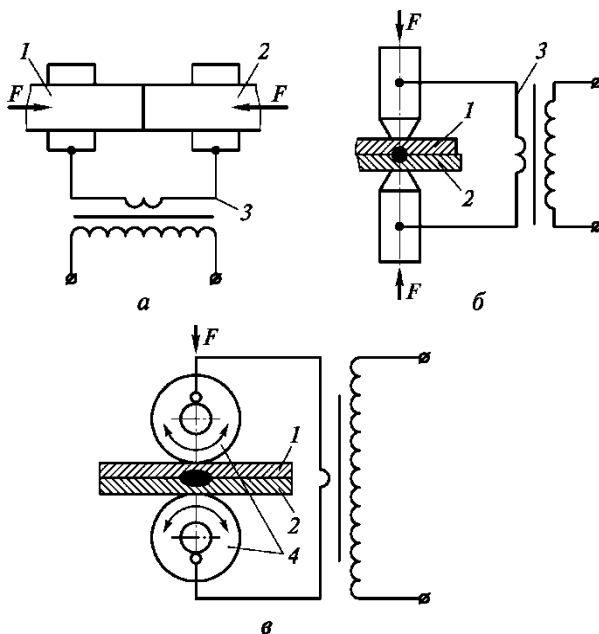
Термитті дәнекерленген қосылыстың пішінімен (рельстер, темір дөңгелектер, кемелердің пропеллерлік біліктері және басқа да бұйымдар) байланыстыратын және магний немесе электрлік сақтандырғышпен жылтыратылған арнайы пышақпен жүктеледі. Жану нәтижесінде қатты қызып кететін металл қосындыға ағып кетеді

Термитті дәнекерлеуден басқа қосымша, кейбір жағдайларда термитті дәнекерлеуде қысымды пайдаланады, онда ол, қылшықпен жылытылған біріктірілген бөліктердің қыздырылған шеттері арнайы құрылғы арқылы қиылысатынымен ерекшеленеді.

Байланысты дәнекерлеу. Орындалатын қосылыстардың түріне сәйкес, байланысты дәнекерлеудің үш негізгі түрі термитті де бөледі: түйісу нүктесі, дәл нүкте және жікті немесе роликті дәнекерлеу (1.20-сурет).

Бөлшекті дәнекерлеу кезінде (1.20. а - сурет) біріктірілетін бөлшектер арқылы қосылған бөліктердің түйісінен электр тогын өткізеді. Дәнекерлеу аймағын жылытқаннан кейін түсіруді іске асырады.

Нүктелі дәнекерлеу кезінде (1.20, б), біріктірілетін бөліктер, көбінесе парактар, ішінен ағатын су арқылы салқындатылған екі мыс электродтарының арасында дәнекерленген және қысылып, дәнекерлеу нүктесіне әкеліп, қиылған конустың



Сурет 1.20. Байланыстыру дәнекерлеуінің түрлері:

a — бірлескен; *б* — нүктелі; *в* — жікті; 1, 2 — қосқыш бөліктер; 3 — дәнекерлеу трансформаторы; 4 — электродтар; *F* — қысу күші

Ағым бір электродтан екіншісіне металдардың қалыңдығы арқылы қосылып, олардың арасындағы байланыста болады және оларды жергілікті қыздыруын (балку нүктесіне дейін) іске асырады. Электродтарға қолданылатын *F* күшінің көмегімен, шөгінділер жоба жасайды. Нәтижесінде пайда болған дәнекерленген қосылыс, нүкте деп аталады, жоспарда диаметрі бірнеше миллиметр болатын пішіні бар.

Жікті дәнекерлеу кезінде электродтар ағымды тоқты өнімге алып келеді ол шөгуді іске асырады, олар өнімде жүретін роликтердің пішініне ие, сондықтан байланысты дәнекерлеудің осы түрі де роликті дәнекерлеу деп аталады (1.20. в - сурет). Жіктік дәнекерлеу кезінде беттер үздіксіз, тығыз жікпен біріктіріледі.

Электр байланысының дәнекерлеулерінің барлық түрлері өндірісте кеңінен қолданылады және бірқатар салаларда (мысалы, автомобиль өнеркәсібінде) басқа дәнекерлеу әдістерімен салыстырғанда ең көп табуға болады.

Дәнекерлеу материалдары. *Қолмен доғалық дәнекерлеуге арналған электрод* - бұл электродтың шпаты деп аталатын арнайы сымнан (көбінесе төменгі-көміртекті болаттан жасалған), жабынды қабаты қолданылатын сым. 4; 5; 6 мм диаметрі бар электродтардың стандартты ұзындығы 450 мм.

Кез-келген электродты жабу құрамына тиісті функцияларды орындайтын материалдар кіреді: шлақты құрастыру (мысалы, марганец рудалары, гематит, гранит, мәрмәр, рутил және т.б.); ағын, яғни қылшықтың ағуын қамтамасыз ету (флуоресцентті); газды құрайтын (мәрмәр, магнезит, органикалық заттар); деоксидизирлеу (оттегі үшін үлкен жақындығы бар элементтердің ферроқорытпалары); қоспалау (түрлі элементтердің ферроқорытпалары). Ең көп қолданылатын электродтар - УОНИ-13/45.

Автоматты және жартылай автоматты дәнекерлеуге арналған ағындар дәнекерлеу ваннасының ауамен байланыста болуын, дәнекерлеу бассейнінің металды легирлеуін, буындардың қажетті қалыптасуын және доғалық жануды тұрақтандыруды қамтамасыз етуі тиіс. Шамамен тек қана тек қана пайдаланылатын тотығу ағындары, олар түрлі оксидтер мен фторидтердің қорытпасынан тұратын дәндер болып табылады. Көбінесе көміртекті және легирленген құрылымдық болаттарды дәнекерлеу кезінде ОСЦ-45 және АН-348А маркасының ағындары қолданылады.

Дәнекерлеуде қолданылатын *қорғайтын газдар* - аргон және көміртегі диоксиді. Аргон газ тәрізді таза үш түрлі сорттарда қолданылады: жоғары, бірінші және екінші. Аргон мазмұны тиісінше 99,99; 99,98 және 99,95% құрайды. Қоспалар - оттегі, азот, ылғал. Аргон цилиндрлерде 15 МПа қысыммен сақталады және жеткізіледі. Цилиндрлер сұр түске боялған, жасыл түсті «Таза Аргон» деген жазуы бар.

Көміртектің қос тотығы қуаттылығы 7 МПа болатын 40 литр қара цилиндрлерде жеткізіледі. Бұндай цилиндрге 25 кг салмағы бар сұйытылған көміртегі қышқылы булану кезінде шамамен 12,5 м³ газды беретін газ құйылады.

Металдарды дәнекерлеу және газды-оттегіні кесу. *Дәнекерлеу* металдарды металға қатты күйде дәнекерлеген күйдегі ерітінді температурасында ұстайтын, суланған ерітінділердің беттерін толтырып, кристалдану нәтижесінде пайда болатын жікті қосындылармен толтырады.

Дәнекерлеуге барлық көміртекті және легирленген болаттар, қатты қорытпалар, шойын, мыс, никель, алюминий және т.б. беріле береді.

Дәнекерлеу әдісі пайдаланылатын қыздыру көздерімен, түйіннің түрі мен дәнекерленген буындарды алу технологиясымен анықталады.

Жылытуға кеңінен қолданылатын әдістерге электрлік пештер, газ оттығы пештері, жылытылатын қондырғы (мезгілді қыздыру дәнекерлегіші, электр дәнекерлегіші), электролитикалық ванналарда (белгілі бір құрамның балқытылған тұздары), балқытылған тұзды (иммерсия) жылыту жатады. Индукциялық пештерді, жоғары және өнеркәсіптік жиіліктердің токтарының, байланыс (дәнекерлеуші) машиналарда, газ қыздырғыштарында, дәнекерлеу лампаларында айтарлықтай жиі пайдаланылады.

Металлдарды газды оттегі кесу - таза оттегі ағынымен қатты металды жандыру арқылы алу. Техникалық таза оттегіде, кесуді бастауға қажетті температурада металды тотықтыру жылдамдығы соншалықты үлкен болатындығы сонша, металлдың жануы басталады. Жану үрдісінің үздіксіздігі үшін белгілі бір шарттар орындалуы тиіс: тотықтырғыштың беткі қабатсыз металмен байланысуы; қышқылданбаған металды тұтану температурасына үздіксіз қыздыру; металмен байланыста болатын газ тәріздес ортада оттегінің жеткілікті жоғары концентрациясы.

Жоғары сапалы (тегіс) кесу бетіне қол жеткізу үшін металлдың кесілуі белгілі бір талаптарға сәйкес болуы керек:

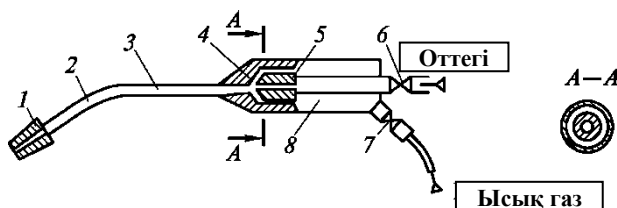
- металлдарды күйдірудің температурасы оның балку температурасынан төмен болуы тиіс, жану кезінде металлдың өзі еріп кетпес үшін;
- металлдың жану өнімдері кесілгеннен кейін оңай алынып тасталуы үшін сұйық болуы керек, кескіш кесу сызығының бойымен қозғалатындықтан, металл бетін оттегі ағынымен үздіксіз байланыста болу үшін ашуы керек.

Мұндай талаптар төмен көміртекті құрамы бар темір, көміртекті және төмен легирленген құрылымдық болаттармен орындалады: темірдің балку температурасы - 1536°C , жану температурасы - 1200°C , темір оксидінің балку температурасы - 1370°C .

Ең нашар сипаттамаларға - никель мен мыс ие; осылайша мыс балқытушы температура 1083°C , мыс оксиді 1230°C болады.

Жоғарыда келтірілген талаптарды қанағаттандырмайды, алюминий, магний, балку температурасы бар, $^{\circ}\text{C}$: алюминий - 658; алюминий оксиді - 2050; магний - 651; магний оксиді - 2500.

Инжекторлық газды қыздырғыштың схемасы 1.21 суретте келтірілген. Металлдың тұтану температурасын кесуді қыздыру үшін клапандар 7 және 6 ацетиленді және оттекті жеткізуді қамтамасыз етеді, тиісінше, отынның жалынының қоспасын отындық арнадан



Сурет 1.21. Инжекторлық газды қыздырғыштың схемасы:

- 1 - саңылаулар; 2 - ұшы; 3 - араластыру камерасы; 4 - инжектор камерасы; 5 - инжектор; 6 - оттегі клапаны; 7 - ацетиленді клапан; 8 - ацетилен арнасы

1-бөліктен тұратын қоспадан шығару кезінде пайда болады. Кесудің басталған жерін қажетті температураға дейін қыздырғаннан кейін, оттегі кесу ағыны беріледі.

1.4. Кесумен өңдеу

Жалпы ақпарат. Барлық дерлік сызбамен тапсырылған машина бөлшектері және аспаптары соңғы өлшемдері мен пішіндерін механикалық өңдеуден өткен соң, яғни кесумен өңдегеннен кейін алынады. Өңдеудің алдында бөлшек дайындама деп аталады; өңдеу кезінде дайындамадан артық металдарды алып тастау керек, оны өңдеу әдібі деп атайды.

Дайындамадан әдіпті кесу немесе өңделген қабаттың күйінің өзгеру қозғалысы негізгі немесе кесу қозғалысы деп аталады. Негізгі қозғалыс екеу: басты қозғалыс және беру қозғалысы. Басты қозғалыс жоңқаның бөліну жылдамдығын анықтайды. Оның жылдамдығы беру қозғалыс жылдамдығынан тезірек. Беру қозғалысы жаңа метал қабатын кесу құралының тоқтамай кірекесумен және барлық өңделетін қабаттан жоңқалардың алынуын қамтамасыз етеді.

Кесумен өңдеудің мынандай түрлері бар:

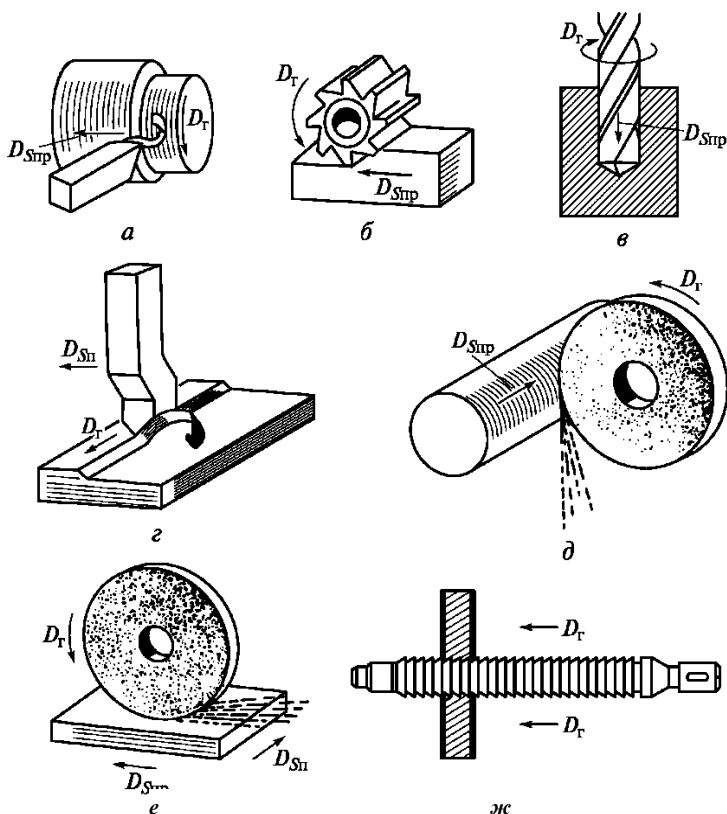
- жонумен өңдеу (жону), конустық және цилиндрлік беттерді жону үшін , бұрандалардың ішін және сыртын кесу, шет жақтарын тілу және т.б. үшін арналған. Жонумен өңдеуде дайындама айналмалы қозғалыс, ал кесу құралы (кескі, бұрғы) – ілгермелі, параллельді (1.22, а сурет) перпендикулярлы немесе дайындама айналма осіне бұрышпен қозғалады;

- фрезерлі өңдеу (фрезерлеу), тегіс, үлгі және бұрандалы беттерін алу үшін көпжүзді кесу құралдарымен – фрездермен, дайындаманы беру және айналу қозғалысымен (1.22, б сурет) жасап алады;

- бұрғымен өңдеу (бұрғылау), тесіктерді бұрғы, үңгі, қашау және енші көмегімен алу және өңдеу үшін, айналмалы және беру қозғалысын (1.22, в сурет) жасайды;

- сүргімен өңдеу (сүргілеу), тегіс және үлгі беттерді, жырашықтарды, ойықтарды және шұңқырларды алуға болады. Сүргімен өңдеу үрдісінің ерекшелігі болып өңделетін дайындаманың немесе құралдың (кескі) айналмалы-беру қозғалысы, жұмыс және бос жүрісті (1.22, г сурет) кезегімен орындайды. Фрезерлеуге карағанда сүргілеудің өнімділігі төмен;

- тегістеу, механикалық өңдеудің таза (аяқтаушы) операциясына жатады, жоғарғы дәлдікті және өңделген беттердің бұдырлығын төмендетуге болады. Тегістеуде



Сурет 1.22 Металдарды кесумен өңдеу сұлбасы:

a — жону; *б* — фрезерлеу; *в* — бұрғылау; *г* — жону; *д* — домалақты тегістеу; *е* — жалпақ тегістеу; *ж* — тартылу; D_r — басты қозғалық; $D_{шп}$ — беру қозғалысы

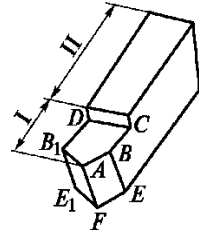
кесу құралы ретінде кесу қабілеті өткір абразивті түйірлі қырлармен және олардың байланыстарымен, және де абразивті құрал құрылымын қамтамасыз ететін шлифтеу домалары (1.22 сурет, д, е) және қайтақтар қолданылады;

• тартылу, тесіктерді, ойықтарды кесуде, оймакілтектерді және жырашықтарды көпжүзді құралмен - созу (1.22, ж сурет) өңдеуде жоғарыөнімділікті береді. Созудың кесу жиегінің әр кезекті тісі алдыңғыға қарағанда жоғарырақ, сондықтан оның жіңішке жоңқалар орамы үлкен болады және өңделген беттің тазалығы жоғары болады.

Жонумен өңдеу. Кесумен өңдеудің кең таралған тәсілдерінің ішіне жонумен өңдеу жатады. Жалпы металкескіш жабдықтар паркінде жонғыш білдіктің үлесі 30...40%.

Сурет 1.23. Жонғыштың сұлбасы:

I — жұмыс бөлігі (кескіштің басы); II — жалғау бөлігі (ұстағыш, кескіштің денесі); $ABCD B_1$ — алдыңғы бет; $ABEF, AB_1E_1F$ — артқы бет; AB — кескіш жиек

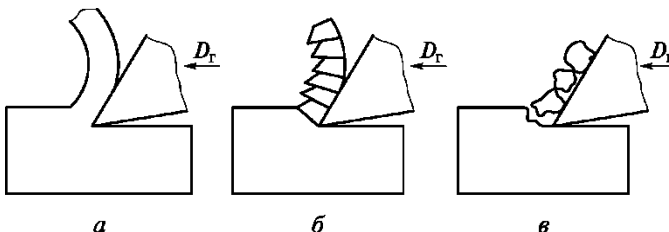


Кезкелген кесу құралының кесу жұмысы дайындаманың денесіне ендіретін және кейіннен берілген бөлікті басатын сынаның әрекетіне негізделген ондеу әдісіне байланысты (қайрау, бұрғылау, фрезерлеу және т.б.) кесу құралдары конструкциясы бойынша біршама өзгеше, бірақ кесу элементтерінің қалыптастырылуы бірдей. Сондықтан, кесу құралдарының геометрикалық параметрлерін зерттеу ең қарапайым жону өтпелі кескіш мысалында қарастырған оңай.

Жону кескіші (1.23 сурет) екі бөліктен тұрады: жоңқаны кесуді істейтін – жұмыс бөлігі және құралды білдекке бекітуге арналған білік – жалғағыш бөлік. Кескіштің жұмыс бөлігі бірнеше элементтерден тұрады: жоңқаны кесу үрдісінде жасалатын – алдыңғы бет, кесу бетіне қаратылған – негізгі артқы бет; өңделген бет жаққа қаратылған – көмекші артқы бет. Бұл беттер белгілі бір бұрыштармен қиылысқанда кесу жиектерін құрайды.

Басты кесу жиегі алдыңғы және негізгі артқы бет қиылыстарында құрылады. Көмекші кесу жиегі алдыңғы және көмекші артқы бет қиылыстарында құрылады. Басты және көмекші кесу жиектерінің қиылысу нүктесі кескіш шегін құрады. Үшкір кескіш шек морт болғандықтан, қолданыста оны біршама мұқалтады.

Кесу үрдісінде үш түрлі жоңқа пайда болуы мүмкін: ағызу, уату, жару (1.24 сурет). Ағызу жоңқасы (1.24, а сурет)



Сурет 1.24. Жоңқа түрлері:

a — ағызу; $б$ — уату; $в$ — жару; D_T — басты қозғалыс

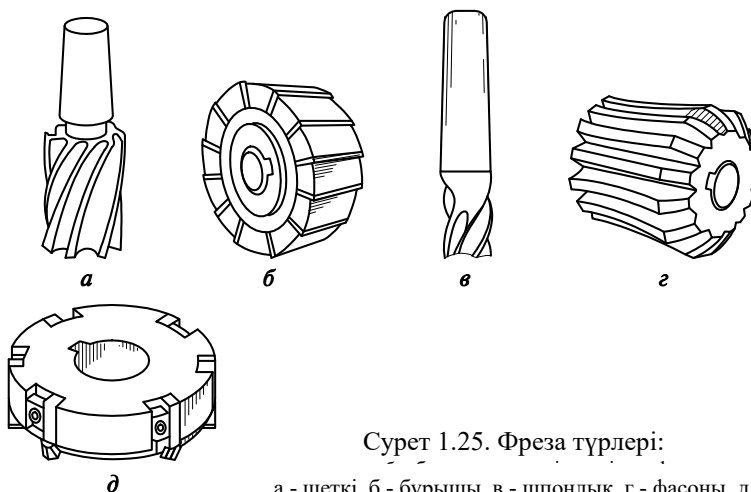
иілімді материалдарды (жұмсақ болат, мыс, алюминий және т.б.) өңдеуде құрылады және тұтас тегіс таспа түрінде болады. Жоңқаның бөлек элементтері бір-бірімен берік байланысқан. Уату жоңқасы (1.24, б сурет) тұтқырлығы жоғары материалдарды (қаттылығы жоғары болат, жездің кейбір түрлері) өңдеуде құрылады. Оның жеке элементтер арасанда уату жазықтығы анық көруге болады, ал жоғарғы жағы ара сияқты пішінде болады.

Үрдістің басты сипаттамалары болып, кесу жылдамдығы, кесу тереңдігі және беру жылдамдығы болып табылады. Кесу жылдамдығы құралдың кесу жиегімен жүріп өткен нүктесімен басты қозғалысқа бағытталған уақыт бірлігінде дайындамаға қатысты ұзақтықпен анықталаты.

Жоңқамен кескі бетінің арасында жылытуға әкелетін және кесу жиегін осалдандыратын үйкеліс пайда болады. Сондықтан, құралхана материалдарында қаттылық, тозутөзімді және жылуға төзімді болу керек. Қызудың кері әсерін азайту үшін майлап-суыту сұйықтығын қолады.

Фрезермен өңдеу. Фрезер көмегімен тегіс беттерді, ойықтарды, кертпештері, жырашықтарды өңдейді. Фрезерлеуде кесу құралы (фреза) айналмала қозғалады, ал дайындама беру ілгермелі қозғалады. Фреза көпжүзді құрал болып табылады. Фреза тістері өңделетін бөлшектен жоңқаларды бөледі. Фрезаның әртүрлі түрлерін 1.25 суретте көрсетілген.

Бұрғымен өңдеу. *Бұрғылаумен* (1.26, а сурет) цилиндрлік тесіктерді өңдейді. Құралдың айналмалы қозғалуына (басты қозғалыс) байланысты



Сурет 1.25. Фреза түрлері:

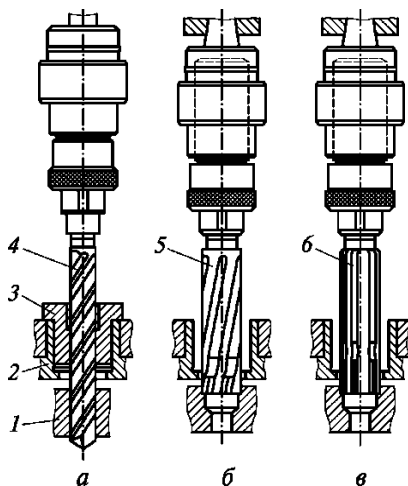
а - шеткі, б - бұрышы, в - шпонлық, г - фасоны, д - құрама

және құрадың осі бойындағы (беру қозғалысы) біруақыттағы қозғалысы.

Бұрғылау кезінде дайындаманы 1 тесіктің осін белгілі бағытта ұстау үшін әдетте кезеулеткіш пешін 2 төлкемен 3 қолданады. Төлкені 3 қолдану тесіктің белгіленген осінің жылжуын азайтады. Әдетте бұрғының 4 кесу жиегінің саны екіге тең, ал шиыршық жырашық жоңқаны әкету жұмысын атқарады.

Дәлдікті жоғарлату үшін және тесіктің ішкі бетінің сапалы өңделуін жоғарлату үшін *үңгілеу* деп (1.26, б сурет) аталатын операция қолданады. Үңгі 5 көпжүзді құрал болып табылады, кесу жиегінің саны 3 – 6, сондықтан өңдеу кезінде дәлдік жоғары болады, ал кедір-бұдырлық 2 есеге төмендейді.

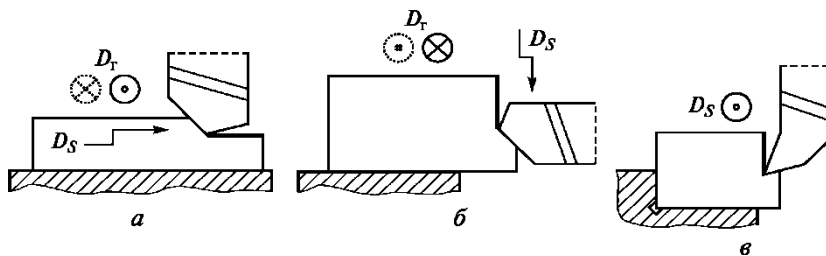
Үңгілеп болған соң көбіне соңғы өңдеуді атайды. Үңғының 6 кесу жиегінің саны 6 — қабаты алынады.



Сурет 1.26. Бұрғылау (а), үңгілеу (б), үңғылау (в):

1 — дайындама; 2 — кезеулеткіш пеш; 3 — төлке; 4 — бұрғы; 5 — үңгі; 6 — үңғы

Сүргілеумен өңдеу. *Сүргімен* өңдеу берудің тіксызықты негізгі қайталма-іргелмелі қозғалысымен және үзілісті қосғалыспен сипатталады. Негізгі қайталма-іргелмелі қозғалыс қос жүрістерден тұрады. Тік жүрісте дайындамадан жоңқа (жұмыс жағдайындағы жүріс) кесіледі, ал қайталмада (бос жүріс) орындау мүшелерінің (үстел немесе кескі) қайта орнына келеді және жоңқа алынады. Құрылымды орындалуына қарай көлденең- және бойлай-сүргілеу білдегі деп бөледі. Көлденең-сүргілеу білдегінде (1.27, а сурет) басты қайтарма-ілгері қосғалысты кесетін құрал жасайды, ал дайындама басты қозғалыс бағытына көлденең мерзімді қозғалыс жасайды. Тік және көлбеу беттерді өңдеу кезінде кесу құралына мерзімдіқозғалыстың берілуін хабарлайды. Көлденең-сүргілеу білдегінің кіші және орта дайындамаларын өңдеуде қолданады. Көлденең-сүргілеу білдегінде өңдеу сұлбасы (1.27, б сурет) дайындаманың негізгі қайтарма-ілгермелі жылжуын және тік, көлденең және көлбеу бағыттарында кесу құралының мерзімді қозғалыста берілуімен сипатталады.

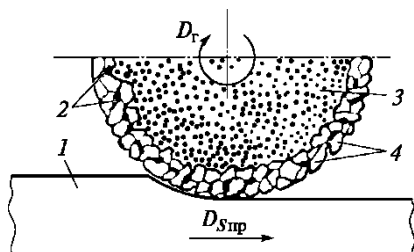


Сурет. 1.27. Көлденең беттеудегі (а), бойлық-(б) және қаттылықты өңдеу машиналары (в):
 D_r - негізгі қозғалыс; D_s - арнаның қозғалысын жоспарлау схемасы

Сәндеудің бір түрі - шиеленіс болып табылады (сурет 1,27, в), ол басты қайтқыш-құйма әрекетімен кескіш аспаптың басты тік бағытында көлденең жазықтықта дайындаманың мерзімді қозғалысын сипаттайды.

Тегістеу. Абразивті құралының көмегімен кескіш материалдарды кесу процесі абразивтік материалдардың дәндері болып табылады, олар тегістеу деп аталады. Тегістеу шикілей, аяқтау және өңдеу үшін қолданылады. Тегістеу кезінде басты қозғалу кескіш аспаптың айналуы болып абылады (жиі тегістеу дөңгелегі) өте жоғары жылдамдықпен. Әрбір абразивтік нокатты байланыстырушы материалмен ұсталынып тұрады, чиптерді алып тастайтын кескіштің тісі ретінде жұмыс істейді.

Табиғи абразивтік материалдарға Алмаз, Корунд, Зығыр және т.б. кіреді. Алайда, осы материалдардың қасиеттері тұрақсыз және олардың қорлары шектелгендіктен, өнеркәсіпте негізгі пайдалануда жасанды



кезінде кесу:
 1 – дайындау, 2 - байланыстырушы материалдар, 3- теңестіруге шеңбер, 4 – абразивные астық, D_r - негізгі қозғалыс; D_{snp} - арнаның қозғалысын жоспарлау схемасы

абразивтік материалдар бар: электрокорунд, бор карбиді, синтетикалық алмаздар және өте қатты материалдардан, кубикалық нитрид борының негізінен алынған.

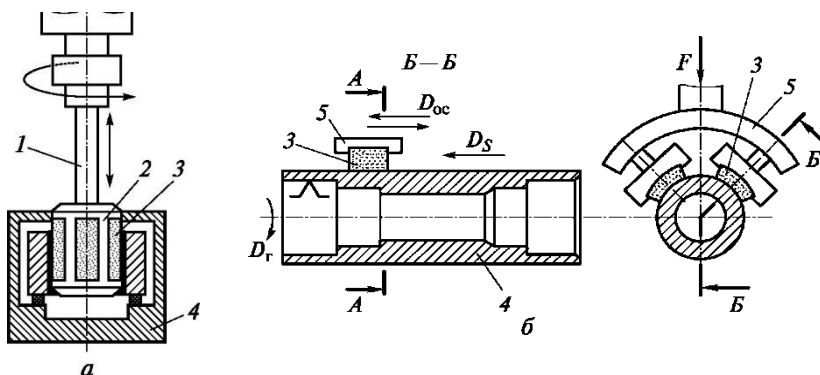
Тегістеу үшін кесу сызбасы 1.28. суретте көрсетілген. Тегістеудің бірнеше сызбалары бар.

Жайнақ тегістеу магниттерді тарту арқылы әдетте жұмыс үстеліне бекітілген, қозғалысқа келтіретін қайта өңдеуден кейінгі дөңгелекке қатысты айналып тұратын шеңбердің перифериясымен жүзеге асырылады. Жайнақ тегістеу үшін айналып тұрған тегістеу дөңгелегіндегі соңғы беттегі дайындықты да қолданылады. Бұл жағдайда, алдыңғы бөлігінде болғандай, дайындау материалы өзара әрекеттеседі.

Тегістеу әдістерінің сипаттамалары аяқтау операцияларын қамтиды. Олар өңделген беттің жоғары дәлдігі мен кедір-бұдырын алу үшін орындалады. Аяқтау операцияларына құрғақ, суперфинализация және жылтыратуды жатқызады.

Құрғату арқылы жоғары дәлдікті және өте аз көлемде кедір-бұдырды алуға болады. Құрғату арқылы өте кішкентай сопылықты және тесіктердің конустықтарын жояды, бірақ тесіктердің осьтерінің орналасуын түзете мүмкін емес. Құрғату ішкі беттерді тазалау үшін абразивтілігі барлармен көмектеседі. Құрғату схемасы 1.29, а суретте көрсетілген. 4 дайындамадағы тесіктер арнайы құралдардарымен өңделеді Құрғату бір мезгілде екі қозғалыс түрін орындайды: айналмалы және рециркуляторлық. Өңделетін бетіндегі қозғалыстарды біріктіру нәтижесінде қиылысатын сызаттардың тамаша торы пайда болады - абразивті нокатшалардың кесу іздері. Бұл тор жағылған майды жақсы ұстайды.

Кедір-бұдырлық параметрлерін азайту және сыртқы цилиндрлік бетінің дәлдігін арттыру үшін супер-әрлеу қолданылады (Сурет 1.29, б). Дайындаудың жоғары сапасына ұшыраған 4 дайындаманың беті ұсақтаумен байланыста



Сурет 1.29. Құрғату (а) және суперәрлеу (б):

1 — жетекші сілтеме; 2 — ұстаушы; 3 — тегістеу жолағы; 4 — дайындама;
5 — ұстаушы; D_r — негізгі қозғалыс; D_s — беру қозғалысы; D_{oc} — тербеліс қозғалысы; F —
қысу күші

3 арнайы ұстағышта, 5 арнайы ұстағышқа бекітілген. Сонымен қатар, жолақтар аздық күшпен басылады. Өңдеу жолақтардың тербелгіш қозғалыстарымен орындалады.

Қолданылатын бетінің кедір-бұдырын азайтудың ең көп таралған әдістерінің бірі *жылтырату* болып табылады. Бұл жағдайда бетіне айна нұры беріледі. Жиі жылтыратуды жұмсақ (мысалы, киізден немесе киізден) шеңберлерге арнайы паста қолдану арқылы жүзеге асырылады, оның құрамына абразивті майда ноқатты ұнтақтар кіреді.

Бакылау сұрақтары

1. Қандай жолмен дайындықтарды алуға болады?
2. Құю кұймаларының қандай қасиеттері болуы керек?
3. Дәнекерлеудің қандай түрлері бар?
4. Кесумен өңдеу дегеніміз не?
5. Неге кесумен өңдеу кезінде дайындама мен құралды салқындатып, майлау керек?
6. Жону станоктары бойынша қандай жұмыстар атқаруға болады?
7. Қандай станоктарда тесіктерді жөндеуге және өңдеуге болады?
8. Фрезерлік станоктарда қандай жұмыс түрлерін жүргізуге болады?
9. Соққылау дегеніміз не?
10. Тегістеуді қандай мақсатпен жасайды?

МАТЕЛЛДАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІ МЕН ҚҰРЫЛЫСЫ

2.1. Металлдар мен қорытпалардың жалпы сипаттамалары

Металлдар мен олардың қорытпаларын машина жасауда, құрал – жабдықтарда және т.б. жерлерде қолданады. Жасанды жолмен жасалынған материалдарға қарағанда, керамикалық, қаңылтыр металлдардың негізі құрылымдық материал болып табылады. Табиғатта металлдар таза күйде, сондай-ақ кен, оксид және тұз түрінде кездеседі. Таза күйде кездесетін химиялық тұрақты элементтер (Pt, Au, Ag, Hg, Cu).

Д.И. Менделеевтің ашқан 109 периодтық элементтер жүйесінің ішінен, 22 бейметалл болып табылады.

Металдық материалдар негізінен екі үлкен топқа бөлінеді: темір және темірдің қорытпалары (болат және шойын) қара металлдар, ал қалған металлдар мен олардың қорытпаларын – түсті металлдар деп атайды. Сонымен қатар, барлық түсті металлдар техникада қолданылады, өз кезегінде мынадай топтарға бөлінеді:

- Жеңіл металлдар (Mg, Be, Al, Ti) тығыздығы 5 г/см^3 дейін;
- Ауыр металлдар (Pb, Mo, Ag, Au, Pt, W, Ta, Ir, Os) тығыздығы 10 г/см^3 артық;
- Балқуы оңай металлдар (Sn, Pb, Zn) $232; 327; 410^\circ\text{C}$ балқу температурасына сәйкес;
- Балқуы қиын металлдар (W, Mo, Ta, Nb) балқу температурасы жезге қарағанда айтарлықтай жоғары (1536°C жоғары);
- Коррозияға қарсы төзімділігі жоғары асыл металлдар (Au, Ag, Pt);
- Уран металлдары, немесе актиноидтар (актинидтер), атомдық техникада қолданылатын;
- Сирек кездесетін жер металлдары — лантаноидтер, болатты өзгертуде қолданылатын;
- Сілтілік және сілтілік жер металлдары (Na, K, Li, Ca) бос күйінде атом реакторларында, сұйық металлдарда жылу таратушы ретінде қолданылады; натрий сондай-ақ жасанды каучук өндірісінде катализатор ретінде пайдаланылады, ал литий — жеңіл және берік алюминий қорытпаларын қоспалау үшін, самолет құрылысында қолданылады.

Металлдардың қасиеттері әр түрлі. Сынап $-38,8^\circ\text{C}$ температурада қатады; вольфрам жұмыс температурасын 2000°C дейін сақтап тұрады (балқу температурасы 3410°C); литий, натрий, калий

судан жеңіл; иридий және осмий литийдан 42 есе ауыр; күмістің тоқ өткізгіштігі марганецке қарағанда 130 есе жоғары. Сонымен қатар металлдар жалпы ортақ қасиеттерге де ие. Оларға:

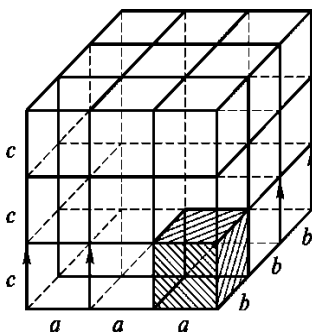
- жоғары икемділік;
- жоғары жылу өткізгіштік;
- оғары тоқ өткізгіштік;
- электрлік кедергінің оң температуралық коэффициенті, температураның артуына байланысты кедергінің өсуін және температура кезінде көп металлдардың аса өткізгіштігін, жақын және абсолютті нолға теңдігін білдіретін;
- жақсы рефлексиялық қабілеттер (металлдар мөлдір емес және металлдарға сай жылтырға ие);
- термо-электрондық эмиссия, яғни қыздыру кезінде электрондарды жіберуге қабілетті;
- Қатты күйдегі кристаллдық құрылым.

2.2. Металлдардың кристаллдық құрылымы

Металлдар мен қорытпалардың жалпы қасиеттері – олардың кристаллдық құрылымы, атомдық кеңістікте орналасуын сипаттайды. Атомдық – кристаллдық құрылымды сипаттау үшін кристаллдық торлар пайдаланылады, торлар мен иондар (атомдар) кеңістік түйіндерінде болады.

Атомдық – кристаллдың құрылымы көлемдерінің периодты түрде қайталанбауы және бір элементтік ұяшық – барлық үш өлшемде қайталанатын ұяшықтары суретте кескінделген. Мұның ең кіші көлемі туралы хабар тарату арқылы кристаллдың құрылымын көруге болады (сурет 2.1).

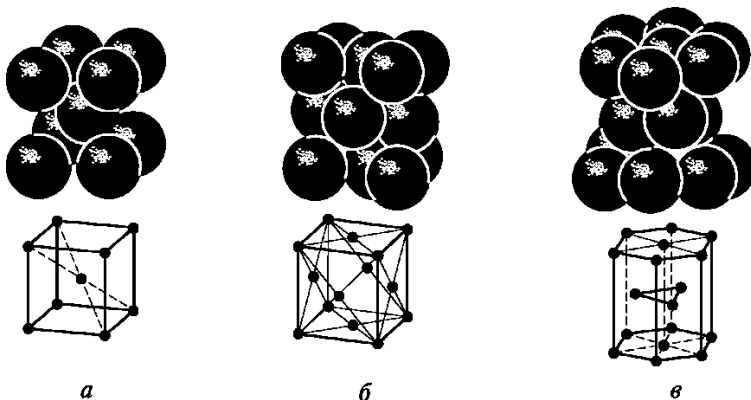
Кристалдағы элементарлық бөлшектер (атомдар, иондар) тиюге дейін жақындайды. Кеңістіктегі суреттерді тірек сызбалармен ауыстыруды жеңілдету үшін, бөлшектердің ауырлық центрі нүктелермен көрсетілген.



Сурет 2.1. Кристаллдық торлардың a, b, c параметрлері

Түзу сызықтардың қиылысу нүктелерінде атомдар орналасқан; оларды тордың тораптары деп атайды. Атом центрлерінің арасындағы a, b және c көршілес тордың тораптарда орналасқан атомдар, оларды *параметрлер* немесе *торлардың периодтары* деп атайды. Олардың металлдардағы ұзындығы шамамен 0,1...0,7 нм, элементарлы ұяшықтардың өлшемі 0,2,0,3 нм.

2.2 суретте кристаллдық торлардың үш түрлі элементарлы ұяшықтары, металлдар үшін көптеген сипаттамалары көрсетілген:



Сурет 2.2. Металлдардың кристалдық торларының элементарлы ұяшықтарының типтері және оларға атомдарды орау сызбалары:

a —кубикті көлемді —орталықтандырылған; *б* — кубикті шекті орталықтандырылған; *в* — гексагональдік тығыз оралған тор

кубикті көлемді-орталықтандырылған (ККО), кубикті шекті орталықтандырылған (КШО) және гексагональдік тығыз оралған (ГТО), сондай-ақ оралған атомдардың сызбалары. ККО-торларында атомдар кубтың жоғарғы жағында орналасқан, ал бір атом — оның көлемінің ортасында (2.2 сурет, а). КШО-торларында кубтың жоғарғы жағында және әр шекараның ортасында (2.2 сурет, б) орналасқан. ГТО-торларында атомдар жоғары жағында және негізінен алтыжақты призманың ортасында, ал үш атом — призма жазықтығының ортасында орналасқан (2.2 сурет, в).

Кейбір металлдар әр түрлі температурада түрлі кристалдық торлы болуы мүмкін. Металлдардың әр түрлі кристалдық формаларға ену қабілеттерін *полиморфизм* деп атайды. Төмен температурадағы тұрақтылығы, индексмен бірге (мысалы, Fe_a және $a-Fe$), b жоғарылығына байланысты, содан соң g және т.б. полиморфті түрлендіруді қабылдау белгіленген.

Темірдің полиморфтікке айналуы белгілі: Fe_a о Fe_g ($a-Fe$ о $g-Fe$), титан: Ti_a о Ti_g ($a-Ti$ о $g-Ti$) және басқа элементтер. Бір кристалдық модификацияның басқаға ауысу температурасы *полиморфтық өзгеру температурасы* деп аталады. Полиморфті айналу кезінде кристалдық торлардың типтері мен формалары өзгереді — *қайта кристалдану* орын алады. Осылайша, $911\text{ }^{\circ}\text{C}$ төмен болған кезде a -темір тұрақты, $911\text{... }1\text{ }392\text{ }^{\circ}\text{C}$ температуралық интервал арасында g -темір тұрақты болады. $911\text{ }^{\circ}\text{C}$ жоғары қыздырған кезде ККО-торларының атомдар қайта құрылымдалады, КШО — торларын қалыптастырады. Полиморфизмге негізделген термиялық өңдеу құбылысы.

Бір полиморфті формадан баскасына өзгеру кезіндегі қасиеттері, тығыздығы және сәйкесінше өнімнің көлемі өзгереді. Мысалы, g -темірдің тығыздығы a -темірдің тығыздығына қарағанда 3 %-ға артады.

ал нақты көлемі сәйкесінше азаяды. Бұл өзгерістерді термиялық өңдеулер кезінде ескеру керек.

Полярлық экспедиция кезінде ағылшын зерттеушісі Роберт Скоттың қайтыс болуына байланысты қандай да бір себептермен қалайы пайда болды. Керосинге толы канистр қалайымен тығыздалған. Төмен температурада полиморфты өзгеру кезінде иілгіш ақ қалайы сұр ұнтақталған қалайыға өзгерді. кспедицияның қайтар жолында отын төгіліп, жанармайсыз қалды. Ақ қалайының сұрға өзгеруін қалайы обасы деп атайды.

Физика – химиялық зерттеулерде табиғаттың бұл құбылысы олармен күресудің түрлі мүмкіндіктерін берді. Қалайыға висмут, қорғасын және сурьма сияқты элементтерді қосу, қалайының қалайы обасына сезімталдығына қарсы әрекет етеді.

Металлдардың кристалдық торларының негізгі типтері 2.1 және 2.2.кестесінде келтірілген.

Материалдардың қасиеттері олардың арасындағы әрекеттесу күштерінен тұратын атомдардың табиғатына байланысты. Аморфты материалдар атомдардың хаотикалық орналасуларымен сипатталады. Сондықтан олардың әр түрлі бағыттағы қасиеттері бірдей, басқаша айтқанда, *аморфты материалдар изотропты* болып табылады.

Кристалды материалдарда түрлі кристалдыграфикалық бағыттардағы атомдардың арақашықтығы әртүрлі. Мысалы, кубтың шегі арқылы өтетін ККО-торларында кристалдыграфиканың тығыздығында бір ғана атом болады, өйткені төрт атом көрші элементарлы ұяшықтарда біруақытта орналасады: $(1/4) \cdot 4 = 1$. Дәл осы уақытта жазықтықтағы кубтың диагоналінде арқылы өтетін екі атом болады: $1 + (1/4) \cdot 4 = 2$. Атомдардың тығыздығы бірдей болмағандықтан әр түрлі бағыттағы кристаллдардың әртүрлі қасиеттері бақыланады. Кристалдардың түрлі қасиеттері тестілеу бағытына байланысты анизотропия деп атайды.

Әр түрлі бағыттарда физика – химиялық және механикалық қасиеттердің айырмашылықтары өте маңызды болуы мүмкін. Екі өзара перпендикуляр бағыттағы кристаллдардың температурасының сызықтық коэффициентінің (ТСКК) айырмашылығы 3 – 4 есе, ал темір кристалдың төзімділігі – 2 еседен артық екендігі өлшенді.

Анизотроптық қасиеттер жеке кристалдар үшін немесе монокристалдар үшін сипатталады. Көптеген әдеттегі жағдайда қатайтылған құйылған техникалық металлдар, поликристалдық құрылымға ие. Мұндай металлдар көп санды кристаллдардан немесе ноқаттардан тұрады. (2.3 сурет, а). Сонымен қатар әрбір жеке ноқат анизотропты. Жеке ноқаттардың әртүрлі бағыттары, жалпы, поликристалды металдың қасиеттері орташаланған екендігіне әкеледі.

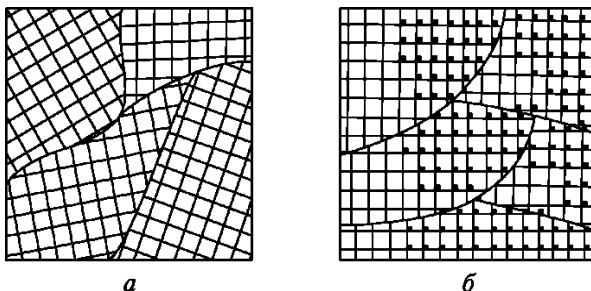
Поликристалдық дене *квазиизотроптығымен* сипатталады — сынақ бағыттарының қасиеттеріне тәуелсіз болып көрінетін.

2.1. Кесте. Торлары бір типті маңызды металдардың кристалдық торларының типтері

Металлдар	Торлар типтері
Ag, Au, Pt, Cu, Al, Pb, Ni	КШО
Na, K, V, Nb, Cr, Mo, W	ККО
Be, Mg, Zn, Cd	ГТО

2.2. Кесте. Полиморфты өзгеруі бар маңызды металдардың кристалдық торларының типтері

Металл	Торлар типтері	Аллотропиялық форма	Берілген модификацияның °C температуралар жолағы,
Fe	ККО	α	911 дейін
	КШО	γ	911 ... 1392
	ККО	δ	1 392... 1536
Co	ГТО	α	477 дейін
	КШО	β	477... 1430
Sn	Алмаздық	α	13 дейін
	Тетрагональды көлемді-ортақтандырылған	β	13... 232
Mn	Кубтық күрделі көпатомды	α	700 дейін
	Кубтық күрделі көпатомды	β	700... 1079
	Тетрагональды көлемді-ортақтандырылған	γ	1 079... 1143
	ККО	δ	1 143... 1244
Zr	ГТО	α	862 дейін
	ККО	β	862... 1852
Ti	ГТО	α	882 дейін
	ККО	β	882... 1668
U	Ромбылы	α	663 дейін
	Тетрагональды көлемді-ортақтандырылған	β	663... 164
	ККО	γ	764... 1130



Сурет 2.3. Құйма металлдардың ноқаттарындағы кристалдық торлардың бағдарлануы (а) және қысыммен өндеуден кейінгі (б)

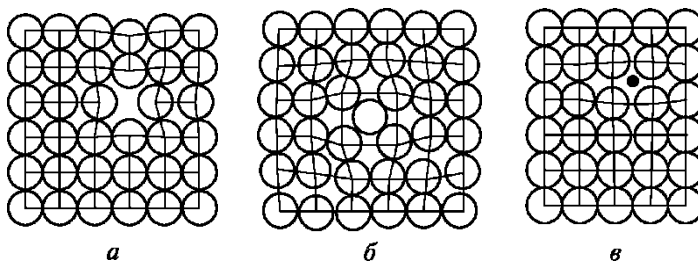
Квазиизотроптық сұйық күйде сақталады. Қысыммен өндеу кезінде (илемдеу, соғу), әсіресе, егер ол қыздырылмай жүргізілгенде, көптеген металдың ноқаттары шамамен бірқалыпты бағдарлауды иеленеді – былайша айтқанда құрылым (сур. 2.3, б), содан кейін металл анизотропты болады. Деформациялық металдың қасиеттері бойымен және көлденең бағыттағы басты деформация арқылы ерекшеленеді. Анизотропия металлдардың ақаулығына әкелуі мүмкін (шашыраңқылық, беттің толқындығы). Құрастыру және бөлшектерді әзірлеу технологиясын алу кезінде анизотроптықты ескеру керек.

2.3. Кристалдық денелердің құрылысындағы ақаулар

Жалпы мәліметтер. Идеалды кристалл торы қарапайым кристалдық ұяшықтардың бірнеше рет қайталануын білдіреді. Нақты металл үшін құрылымдағы кристалдық торлардың атомдарының орналасу кезектілігін бұзатын ақаулардың көп болуы сай, ол материалдың қасиеттеріне елеулі әсер етеді.

Кристалдық құрылым ақауларының үш типін ажыратады: нүктелі, сызықтық және беткі.

Нүктелі ақаулар. Мұндай ақаулар (сур. 2.4) барлық үш өлшемдерде кішкентай өлшемдермен сипатталады. Олардың үлкендігі бірнеше атомдардың диаметрінің үлкендігінен аспайды. Нүктелі ақаулар кристалды торлардағы бос орындардағы түйіндер жатады - бос орындар (сур. 2.4, а); кристалды торлардың түйіндерінен бос орындарға орын ауыстыратын атомдар – дислоцирлік атомдар (сур. 2.4, б); сондай ақ кристалды торлардың түйіндерінде және бос орындар арасында орналасқан басқа элементтердің атомдары — қоспалы атомдар (сур. 2.4, в) болып табылады. Нүктелі ақаулар қоспалы және дислоцирлік атомдар бөлек немесе тізбектеліп орналасуы мүмкін. Жылулық, механикалық, электрлік кристалдау процесінде сондай-ақ нейтрондар, электрондар және рентген сәулелерінің жарығының



Сурет. 2.4. Кристалды торлардағы нүктелі ақаулар:

a — бос орын; *б* — шығарылған атом; *в* — қоспалы енгізу атомы

түсуінен нүктелі ақаулар пайда болады. Атомдардың жылу қозғалысының салдарынан атомдардың орналасқан жерінде бос орындар пайда болуы мүмкін. Жылу кезінде атомдардың бос орынына қарағанда торлы металлдар энергиясының атомдары айтарлықтай көп. Энергия торларындағы металлдар атомдардың шығарылуына байланысты жылу энергиясын берумен сипатталады. Сондықтан металлдардағы нүктелі ақаулардың негізі бос орындардың жылуы болып табылады. Бөлме температурасында бос орындарының концентрациясы салыстырмалы түрде көп емес және 1 бос орынға 10^{18} -атомдардан, бірақ, қыздыру кезінде күрт көтеріледі, әсіресе балқу температурасына жақын жерде. Нүктелік ақаулар металдың нақты көлеміне бекітілмеген, олар диффузия нәтижесінде кристалды торда үздіксіз қозғалады.

Кристалды торларда үлгі ретінде екі бірдей алюминийді температурада қыздыру негізінде балқу температурасынан аз температурада балқитынын қарапайым эксперимент жасау кезінде дәлелденген. Егер бұл үлгілерді әр түрлі жылдамдықта суытатын болса, онда бөлме температурасында жылдам мұздатылған үлгінің көлемі (шындалған) баяу салқындатылған үлгінің көлемі қарағанда 0,2 % - ға артық. Бұл температурада балқу температурасына жақын, атом бөліктерінің диффузиясы әсерінен металлдар бетінде көптеген бос орындар пайда болады. Баяу салқындату барысында көптеген атомдар алғашқы орындарына қайтып үлгереді. Тез салқындату кезінде бұл бос орындар алғашқы орындарына қайтып үлгермейді және мұздатылған үлгі құрылымында қалады. Егер мұздатылған үлгіні қайта қыздырып және баяу суытса, үлгілердің көлемдері арасындағы айырмашылық жойылады.

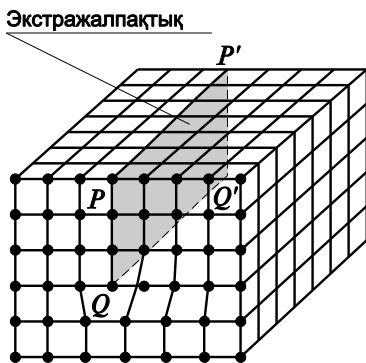
Бос орындардың болуы диффузия мүмкіншілігін түсіндіреді — атомдардың арақашықтыққа орын ауыстыруы, берілген метал үшін орташа атом аралық арақашықтықты көтереді. Атомдардың орын ауыстыруы бос орындармен орын ауыстыруы арқылы жүзеге асады.

Сызықтық ақаулар. Мұндай ақаулар екі өлшемде де шағын, бірақ үшінші өлшемде айтарлықтай кең өлшемді болып сипатталады. Сызықтық ақаулардың ең маңызды түрі – дислокациялар.

Дислокация теориясы металдардың илгіштігінің және төзімділігінің табиғатта туралы түсіндіруге мүмкіндік берді. Оны қолдану барысында металдардың төзімділігі туралы практика мен теорияның арасында үлкен айырмашылық барын көрсетті.

2.5 суретте жартыжазықтықтағы кристалды торлар өлкесінің шекарасындағы бір атомның артық орналасуының сызбасы келтірілген. Сызықты атомдық $PQ'P'$ жартыжазықтығын *экстражазықтық* деп атайды, ал төменгі жағы QQ' экстражазықтығын — *сызықтық дислокация* деп атайды. Егер экстражазықтық кристаллдың жоғары жағында орналасса дислокация оң болып табылады және 1 белгісімен анықталады, егер төменде болса – теріс және Т белгісімен анықталады. Дислокация арасындағы айырмашылық таза шартты. Кристалдарды айналдырғанда біз оң резусты дислокацияны теріске айналдырамыз. Дислокацияның белгісі олардың әрекеттерінің нәтижелерін бағалауға мүмкіндік береді. Дислокация бір белгілерді итереді, қарама – қарсыны тартады. Шеткі дислокациялар басқа кристалдарда бұрандалы дислокациялар құрылуы мүмкін. Бұрандалы дислокациялар атом топтарының жазықтық бетінде бөлшекті жылжуынан пайда болуы мүмкін. Ол атомдардық параллелдік қабаттарын жояды. Дислокация сызығының жақындығында атомдар өз орындарынан жылжиды, ол жазықтық кернеуін тудырады: жоғарғы жағында дислокация сызықтарында торлар қысылады, ал төменде созылады. Дислокацияда металдардың кристалдануынан, сондай-ақ икемділік деформациясында және фазалық өзгеруіне байланысты қалыптасады. Дислокация тығыздығы үлкен өлшемге ие болуы мүмкін. Р дислокация тығыздығы арқылы, әдетте XI дислокация ұзындығының соммасын түсінеді, бірлікке сәйкес кристалдың көлемі V арқылы негізделген: $\rho = XI / V$. Сондай ақ, ρ дислокациясының тығыздығы $\text{см}/\text{см}^3$ немесе см^{-2} өрнектеледі. Жабық металдардың дислокация тығыздығы $10^3 \dots 10^6 \text{ см}^{-2}$, суық деформациядан кейін ол $10^{11} \dots 10^{12} \text{ см}^{-2}$ үлкейеді, шамамен 1 млн км дислокация 1 см^3 есеге сәйкес. Дислокация тығыздығы алдын – ала иелетілген металлографиялық секцияның бірлігіне қарай шығып кету нүктелерінің санын есептеп, үлкен артуы кезінде эксперименттік түрде анықталуы мүмкін, сондай-ақ элект - Сурет 2.5. ронды микрограммада берілу арқылы жұқа Шеттік дислокация пленкалар құрылымын зерттейді.

Сурет. 2.5. Шеткі орналасуы.



Дислокация өз аймағындағы атом қоспаларын тартады, сондай ақ экстра жазықтықтың шет жағында тізбек ретінде сақталады. Мұндай атомдар серпімді бұрмалаудың дислокация – ақпараттық құрылымының деңгейін төмендетеді. Тізбекті құрайтын бөгде атомдар Коттрелл атмосферасын немесе Коттрелл бұлттарын құрайды. Температура артқан сайын Коттрелл бұлттары сейіледі. Температурның ерігіштік шегіне сәйкес температураға дейін төмендеген кезінде екінші фазалы дисперсиялы бөлінуді құрайды.

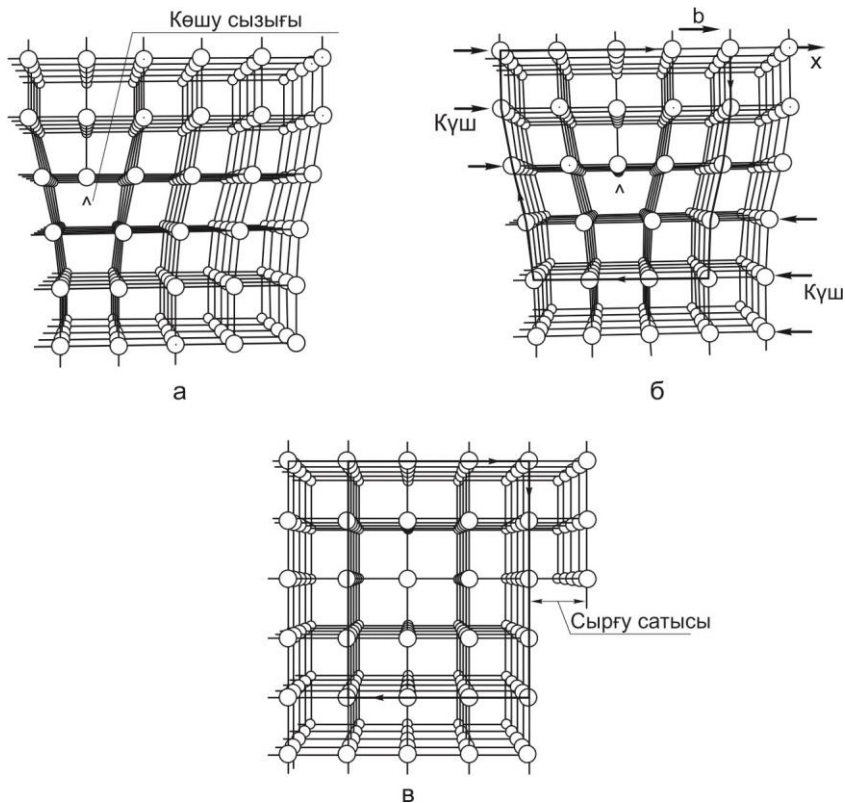
Дислокация теориясын қолдану металдардың арасындағы *теориялық* және *іс - жүзіндегі беріктіктің* арасындағы айырмашылықты түсіндіруге мүмкіндік береді. Теориялық беріктік кристалл арасындағы атомдар саны мен атом арасындағы күшпен пропорционалды байланыста болуы керек.

Есептік күш-жігер үшін металдың икемділік деформациясы кристаллға қатысты бір бөлігінің екіншісіне қатынасы 2 – 3 сатысында жоғары ығысады. Осылайша, темірдің теориялық беріктігі шамамен 13000 МПа құрайды, ал іс жүзінде — 250 МПа. Мұндай теорияның іс жүзіндегі беріктігі деформацияның жалпы атомдар жазықтығының ығысуының біруақытта жүруіне байланысты емес, керісінше дислокацияның бірте-бірте ауысуы арқылы түсіндіріледі.

Дислокацияның икемділік деформациялық процесіне қатысы шектік дислокация мысалы петінде 2.6. суретте көрсетілген. Пластикалық ығысу жылжу жазықтығында бірте-бірте ауысу салдарынан туады. Жазықтық бетіндегі сырғудың таралуы кезекпен жүреді. Әрбір дислокацияның бір жағдайдан басқаға ауысуының қарапайым актісі тек бір ғана көлденең атомдық жазықтықтың бөлінуі арқылы жүзеге асады. Дислокацияны жылжыту үшін кристаллдың бір бөлігінің қатаң ығысуына басқа жазықтықтағы ығысуға қарағанда аз күш кетеді. Дислокацияны бүккіл кристаллдың бағытының шегімен айналдырып шыққанда, оның жоғарғы және төменгі бөліктерінде бір атомдық арақашықтық пайда болады. Дислокацияның ауысуына нәтижесінде кристаллдың бетіне шығып жойылады. Бетінде сырғу баспалдағы қалады.

Дислокация рөлі туралы дәрісінде Эгон Орован дислокацияның жылжуының ұқсастығын жануарлар әлемінің мынадай өкілдерімен теңестірген жаңбыр құрты немесе жыланның қозғалысының ұқсастығын нұсқаған болатын. Бұл жануарлар жер бетімен өз дене бөліктерінің ауысуы арқылы жылжиды. Сонымен қатар, толқын өткен бөліктері алғашқы формасына қайта келеді. Иілгіштік жылжу жағдайында жылжыған дислокацияның артында жоғарғы және төменгі қабаттарда құрылым өзінің алғашқы конфигурациясын қалыптастырады.

Дислокация қозғалысының екінші ұқсастығы кілемдегі қыртыстарды ауыстыру болып табылады. (сур. 2.7).



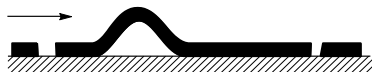
Сурет. 2.6. Қарапайым кубтық торда иілгіштік деформация арқылы дәйекті орын ауыстыру схемасы:

а - шеткі дислокацияның бастапқы жағдайы ($\pm$); б – дислокация айналасындағы Бюргерстің контуры; b – Бюргерс векторы; x – қозғалыс бағыты; с – сырғудан кейінгі жылжымалы торға арналған Бюргерс контуры

Бүктемелердің дәйекті орын ауыстыруы барлық кілемді еден бетіне жылжытуға қарағанда айтарлықтай аз күш жұмсауды қажет етеді, бірақ екі жағдайда да бірдей нәтижеге қол жеткізіледі - кілем бірдей қашықтыққа жылжиды. .

Дислокация қосымша-жазықтыққа перпендикуляр бағытта оңай қозғалады. Дислокация қаншалықты оңай жылжитын болса соншалықты металлдың беріктігі төмен болады және иілгіштік дислокациясы оңай жүреді.

Осылайша, нақты металдардың беріктігі төмен болуының себебі - бұл дислокация материалдарының құрылымында және басқалар



Сурет. 2.7. Дислокациялық қозғалыстың кілемдегі бүктемелердің ауысуымен ұқсас сызбасы

Дислокациясыз кристаллдарды алу материалдардың беріктігінің күрт артуына әсерін тигізеді (сурет. 2.8).

Сол жақ бұтағы қисық (штрихталған сызықтары) дислокациясыз жіп тәрізді кристаллдар шығаруға сәйкес (былайша айтқанда мұртшалар) оның беріктігі теориялыққа жақын.

Дислокацияның тығыздығының шектеулігіне байланысты басқа кристаллды торлардың жылжу **процесі металл көлемінде** дислокация көп болған сайын оңай болады. Күш өскен сайын металлдағы дислокация көздерінің саны өседі және олардың тығыздығы артады. Параллель дислокациялардан басқа әр түрлі жазықтықтағы және бағыттарындағы дислокациялар туындайды. Дис С₁ бірінің ауысуына кедергі жасайды, анигиляция. Дислокацияның тығыздығының артуынан деформацияның жалғасуы үшін ұсынылған жүктеменің артуын талап етеді. Нәтижесінде металл беріктенеді, ол оң жақ қисық бұтағына сәйкес болады (жалпы сызық) сурет 2.8.

Кристалды құрылымның беріктігінің басқа кемшіліктерін тежеу үшін қозғалыс дислокациясының әсері ықпал етеді. Оларға металлдағы ерітілген атомдардың қоспалары мен қосылушы элементтер, екінші фазаның бөлшектері, ноқат пен блоктың шекаралары және т.б. жатады. Іс жүзінде қозғалыс дислокациясының кедергісі орналасқан, яғни беріктік басқа да элементтердің енгізілуінен (легірлеуші) жасалып жабыстырылған, термиялық немесе термомеханикалық тұрғыдан өңделген. Температураның төмендеуі сондай-ақ дислокацияның еркін қозғалуына кедергі келтіреді. Төмен температурада төзімділігі артады, ал икемділігі төмендейді. Металл анағұрлым күшті, бірақ осал болады.

Осылайша, металлдар мен олардың қорытпаларының күштілігіне екі жолмен қол жеткізуге болады: кристалды торлар құрылымы арқылы мінсіздігіне жақын металлдарды алуға болады, яғни, кристалдық құрылымындағы ақауы жоқ металлдар немесе олардың санының өте аз, немесе керісінше құрылым санының артуына қозғалыс дислокациясының кедергі жасайтыны анықталған.

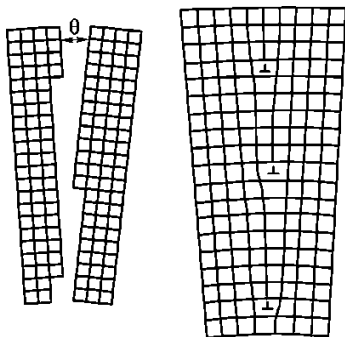


кристалл беріктіліктеріне әсері

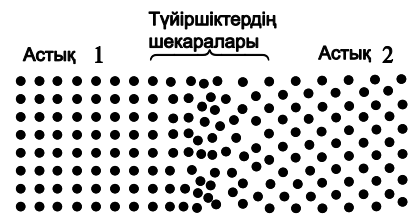
Беттік ақаулар. Мұндай ақаулар қалыңдығы аз және екі басқа өлшемдегі өлшемдері маңызды. Әдетте бұл екі кристалды торлардың аумағының бағытының қосылысының орны. Олар ноқаттар шекаралары, ноқаттың ішкі фрагментінің шегі, блоктардың ішкі фрагментінің шектері болуы мүмкін. Көрші ноқаттар өзінің кристалды құрылымдарында қарай бірдей емес торлы бағыттарға ие. Блоктар бір – біріне бұрыштарда бірнеше секундтан бірнеше минутқа дейін салыстырмалы түрде ауысады, олардың өлшемі 10^{-5} см. Фрагменттің салыстырмалы түрде 0 ден 5° жоғары емес бұрыштары бар. Егер көрші ноқаттардың торлары 5° аз бұрышта болса, мұндай шекараларды аз бұрышты шекара деп атайды (сурет. 2.9). Барлық субноқатты шекаралар (фрагменттер мен блоктардың шекаралары) — кіші бұрышты. Ноқаттар шекарасының құрылымы металдың қасиетіне әсер етеді.

Ноқаттар арасындағы шекара жіңішке өту зонасының ұзындығы 5—10 атомдар аралығын сыртқы атомдардың орналасуына байланысты орналасқан. Шекаралық аймақта бір ноқаттың кристалды торларлары басқа торға ауысады. (сур. 2.10). Өтпелі қабаттың бұзылған құрылымы осы аймақта дислокация жинақталуымен және қоспалардың шоғырлануының артуымен күрделенеді.

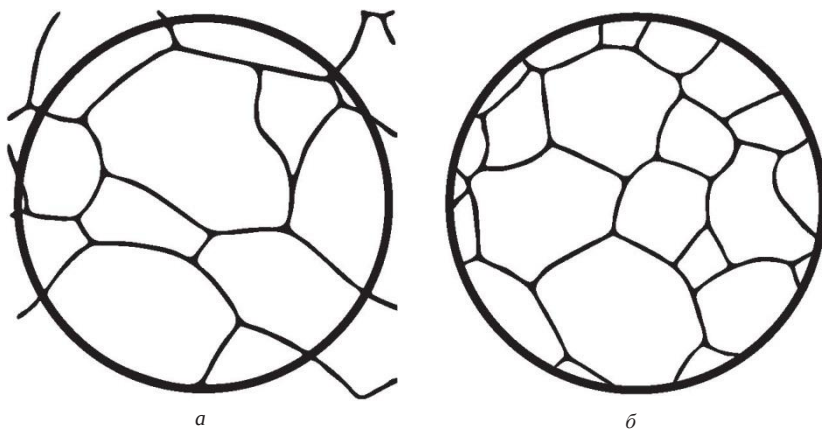
Көрші ноқаттардың жазықтықтығы және жылжу бағыттары сәйкес емес. Ноқаттал жылжуы алдымен анағұрлым жағымды бағыттарда дамиды. Әр түрлі бағдарлау жүйесінде дислокацияға көрші ноқаттарға жылжуына мүмкіндік бермейді. Және ноқаттың шегіне жеткенде олар тоқтайды. Бір ноқаттардың шектерінде дислокация жиналуынан туындаған күш шектері арқылы басқа ноқаттарға тарайды, нәтижесінде оларда жаңа дислокациялардың пайда болуы іске асады. Деформацияның бір ноқаттан басқасына өтеді, яғни жеңіл атлетикалық жарыстардағы эстафеталар сияқты орын алады.



Сурет 2.9. блоктар арасындағы аз бұрышты шектің құрылысы



Сурет 2.10. Ноқаттардың соғылуы және олардың арасындағы шектің құрылысы



Сурет 2.11. 100-есе ұлғаюдағы G_1 ноқат стандартының нөмірі:
 а — болаттар үшін; б — түрлі – түсті қорытпалар үшін

Шекара ноқаттары дислокацияның орын ауыстыруына кедергі болу себебінен және жоғары концентрациялы қоспалар болып табылатындықтан, олар металлдың механикалық құрылымына елеулі ықпал етеді.

Ноқаттың өлшемін, оның көлденең қимасынан анықталған орташа диаметрінің үлкендігі деп қабылданған. Бұл анықтама шартты, өйткені ноқаттың металдардағы нақты көлемі үлкен шектен — бірнеше микрометрден миллиметрге дейін өзгереді. Ноқаттың орта өлшемі 10 ұпаймен арнайы стандартталған шкала бойынша бағаланады және ноқаттар санымен сипатталады, 1 мм² шлиф бетінде 100 есеге артқандағы шкаласымен сипатталады (сурет 2.11).

Иілгіштік ағыс үрдісі, демек, дислокацияның ұзындығының "мөлдір емес" металдардағы ноқаттардың дислокациядағы бос өтуі күресуі, яғни, металдың ноқат шекараларымен байланысты. Ағымдылық шегі σ_t , ноқаттың өлшемі d Холл-Печтың теңдеумен байланысты: $\sigma_t = \sigma_0 + M^{-1/2}$, мұнда σ_0 , k — берілген металл үшін тұрақты. Ноқат ұсақ болған сайын, соғұрлым металдың беріктігі мен аққыштығының шегі жоғары болады. Бір мезгілде ноқаттың ұсақтағанда металдың иілгіштігі мен тұтқырлығы артады. Соңғысы әсіресе металл бұйымдар жасау кезінде төмен температурада жұмыс істеуде маңызды болып табылады. Жоғары иілгіштігі мен тұтқырлығы ұсақ ноқатты металдың біртекті құрамы мен құрылымында, ірі жиынтықтардың болмауы, жарықтардың болуына негізделген құрылымдық кемшіліктердің болмауы.

Аталып өткен ақаулардан басқа металлда **көлемді сипатталатын макроақауларда** болады: кеуектер, газ көпіршігі, бейметалдық қосылыстар, микрожарықтар және т.б. металдардың беріктігін төмендететіндер.

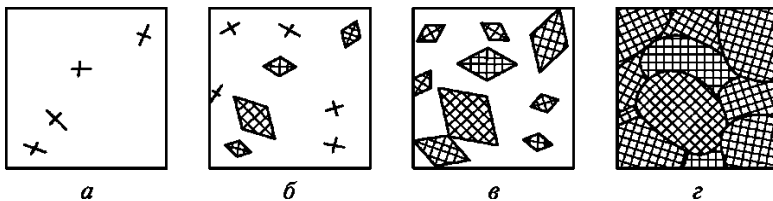
2.4. Кристалдану үдерісі

Үдерістің жалпы сипаттамасы. Д.К.Чернов кристалдану үдерісінің екі қарапайым үдерістен тұратынын анықтады: кристалдану орталығының шығу тегі мен осы орталықтарда кристалдардың өсуі.

Қатаю температурасына жақын температураларда сұйық металдарда аздаған атомдардың топтары пайда болады, оларды ауытқулар деп атайды, онда атомдар қатты кристалдардағы сияқты оралған. Бұл бөліктердің осы ауытқулары негізінде эмбриондар немесе кристалдану орталықтары қалыптасады. Салқындату дәрежесі ұлғайған сайын кристалдану орталықтарының саны өседі, онда уақыт бірлігі қалыптасады. Пайда болған кристалдану орталықтарының айналасында кристалдар өсе бастайды. Бір уақытта сұйық фазада жаңа кристалдану орталықтары қалыптасады. Жаңа кристалдану орталықтарының пайда болуына байланысты қатайған металдың жалпы массаның ұлғаяды, дәл осылай бұрыннан бар кристалдаудың арқасында да. Қатаю үдерісінің этаптарының сызбасы сур. 2.12 келтірілген.

Кристалдардың өсуін нокат формасының дұрыс өспеуімен түсіндіреді. Нақты қатты кристалдардың дұрыс емес формаларын *кристаллит* деп атайды.

Кристалданудың сомалық жылдамдығы екі қарапайым үдерістің жүруімен байланысты, және кристалдану орталығының шығу тегінің жылдамдығымен анықталады (ШТЖ), кристалдардың осы орталықтарда өсу жылдамдығы (ӨЖ) (сурет 2.13). ШТЖ мен ӨЖ ұзындықтары АТ салқындатуының дәрежесіне байланысты. Тепе-теңдік температурада $DT = 0$; ШТЖ = 0; ӨЖ = 0. DT артқан сайын әр түрлі еркін энергияларда артады $DF = E_{ж} - F_{ТО}$, $E_{ж}$, $F_{ТО}$ —еркін сұйық энергия мен қатты металл сәйкес, ШТЖ мен ӨЖ кезінде атомдар жақсы жылжиды және максималғақ жетеді. ШТЖ мен ӨЖ азаюына байланысты температураның төмендеуі атомдардың жылжуының төмендеуімен түсіндіріледі. Диффузия коэффициентінің кіші мәндерінде сұйықтың атомдарын қатты заттың кристалдық торына қайта орнату қиын. Өте қатты салқындату кезінде ШТЖ мен ӨЖ нөлге тең, сұйықтық кристалданбайды, керісінше аморфты денеге айналады.



Сурет 2.12. Металдың кристалдану сызбасы:

а — г — металдың қатаю этаптары

Нақты металдар үшін дұрысы қысық түзулерге сәйкестігі ШТЖ мен ӨЖ жүзеге асырылады, салқындату үдерісі артқан сайын екі үдерістің жылдамдығы артады.

Егер бұрындары аморфты жағдайлар тек тұздар, сілтілер, шекті бұйымдарда орын алатын болса, ал қазіргі уақытта арнайы әдістерді қолдану арқылы салқындатудың жоғары жылдамдығына қол жеткізуге болады ($10^{\circ}\text{C}/\text{с}$ артық) және металдың әйнек тәрізді жағдайына да жетеді.

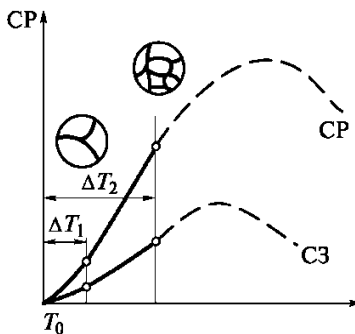
Металдардың әйнек тәрізді жағдайлары негізінен физика – механикалық қасиеттермен сипатталады.

ШТЖ мен ӨЖ қарым-қатынасы ноқаттын кезінде, мысалы, металды жердегі ормаға құю немесе қыздырылған металдық формаға келті жағдайда көлемде ірі кристалдардың азғана сағ сұйық металдарды салқын металдық формаға құю барысында ШТЖ артады, одан кристалдардың көптеген ұсақ көлемі қалыптасады.

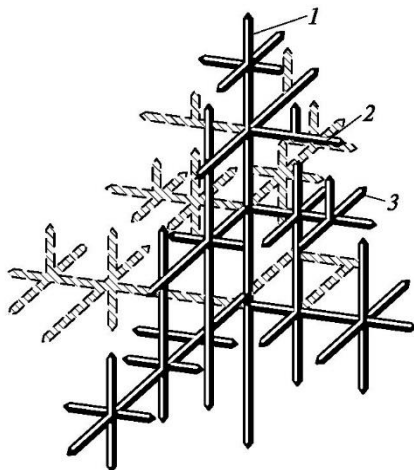
Ноқаттық көлемі салқындату дәрежесімен ғана анықталмайды. Қыздыру температурасы мен металды құю, оның химиялық құрамы әсіресе басқа қоспалардың болуы үлкен роль атқарады. Нақты шарттарда сұйық металдарда кристалдардың өз еркімен пайда болуы қиын. Эмбриондардың пайда болуына әр түрлі қатты бөліктер әсер етеді: бейметалдардың қосылуы, оксидтер, қышқылдату өнімдері.

Қоспалары көп болған сайын, кристалдану орталығы көп болады, ноқаттар ұсақ болады. Кейде металдарға арнайы қоспалар қосады, олар кристалдау кезінде ноқаттардың ұсақталуына ықпал етеді. Бұл жұмысты *модифицирлеу* деп атайды. Магний қоспаларын магnezитте қолданғанда ноқаттың көлемі 10 есе кішірейеді: 0,2...0,3 мм-ден 0,01.0,02 мм-ге дейін. Болат үшін алюминий, ванадий, титан, ал шойын үшін — магнийлер модификаттар болып табылады.

Нақты құймаларды және құймаларды кристаллизациялау кезінде жылуды жою бағыты маңызды рөл атқарады. Кристалдану қабырғалар мен қалыптардан басталады. Жылуды жою бағытында сондай ақ кристалдар басқа бағытқа қарағанда қабырғаларға перпендикуляр формада тез өседі.



Сурет. 2.13. Кристалдардың қайта туу жылдамдығы (НЖ) және өсу қарқынының (ӨК) қайта салқындау дәрежесіне әсері: T_0 - тепе-теңдік температурасы

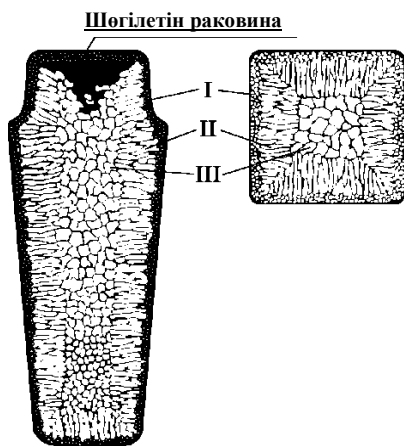


Сурет 2.14. Дендриттік кристалдың (Д.К. Чернов бойынша) құрылысы:
1, 2, 3 — бірінші, екінші, үшінші тәртіпке сәйкес осьтер

Осының салдарынан тәртібі бірінші осьтері қалыптасады. Бір уақытта олардың қабырғаларында екінші перпендикуляр осьтің өсуінің тәртібі қалыптасады, сосын үшінші осьтің тәртібі және т.б. Нәтижесінде тармақталған ағаш кристал қалыптасады, оларды *дендрит* деп атайды (сур. 2.14).

Қату кезінде таңдау кристалдануы орын алатын болғандықтан, яғни бірінші кезекте аса тазарак металлды қатайтады, ноқаттың шектері қоспалармен аса байытылған. Дендрит ішіндегі химиялық құрамның біртекті еместігі *дендриттік сұйықтық* деп аталады. Көміртек, күкірт, фосфордың көптеген дәрежелері басқа элементтерге қарағанда сұйықтыққа ұшырайды.

жасалғн құю құрылымының схемасы сурет 2.15. ады: I сыртқы ұсақ аймақ, II кристалды бағанды ұртқы ұсақ



Сурет 2.15. Болаттан жасалған құю құрылымының I – III аймағының сипаттамалары

аймақ кеңістіктегі жанаспайтын ұсақ кристалдардан тұрады. Оның пайда болуы температураның тез түсуімен байланысты: сұйық металл - суық қалыпты қабырғалар. Бұл аймақтағы металдар қатты суиды, онда көптеген кристалдану орталықтары қалыптасады, және ол ұсақ дәнді құрылымды алады.

Кортикальді аймақ пайда болғаннан кейін жылу өткізгіштігі өзгереді, температура градиенті сұйық метал қабатында түседді және салқындату дәрежесі төмендейді. Нәтижесінде жылу өткізгіштік бағытын азғана кристалдану орталықтарының санымен салыстырғанда,

қабырғалы қалыптар перпендикуляр болады, бағанды кристалдар өсе бастайды, екінші аймақ қалыптасады. Көрші дендриттік жақтары дамиды.

Үшінші аймақ — бір жақты кристалды аймақ. Құю орталықтарында жылу өткізгіштігінің нақты бағыты жоқ. Бұл жерде әр түрлі эмбрионның ұсақ қатты бөліктері құю орталығының кристалдану кезінде пайда болады. Бағанды және бір жақты аймақтарда құюдың көлемі бөлуге қатысты өте маңызды. Бағанды кристалды аймақтарда метал тығыз, бірақ олардың орындарындағы қосылыстардың берітігі төмен. Бағанды кристалдану аймақтарындағы қосылыстар кезінде кристалданады, оны транскристаллизация деп атайды.

Түсті металдар үшін транскристаллизация пайдалы, сондай ақ метал тығыз болады және оның жоғары пластикалық жарықтары деформация кезінде қалыптаспайды. Өйткені екі кристалдың қосылыстарынан деформация кезінде жарықтар пайда болады, оған транскристаллизация қажет емес.

Құйма ақаулардың негізі шөгілетін раковина, кеуектілігі мен сегрегацияның шөгуі. Кеуектілігінің шөгуі негізінен шөгілетін раковина мен құйма осьтері бойынша жақын. Шөгілетін раковина мен кеуектілігінің шөгуінің пайда болуы, висмуттан басқа металдардың көлемі сұйық күйге қарағанда қатты күйдегі жағдайы нақты. Металдар мен қорытпалардың қасиеттері

2.5. Металдар мен қорытпалардың қасиеттері

Материалдардың физикалық, химиялық, технологиялық және механикалық қасиеттерін ажыратады.

Физикалық қасиеттері материалдардың жылу, гравитациялық, электромагниттік және радиациялық өрістердегі қасиеттерін анықтайды. Физикалық қасиеттерге тығыздығы, жылу қуаты, балку температурасы, термиялық кеңейту, магниттік сипаттамалары, жылу өткізгіштік, тоқ өткізгіштігі жатады.

Химиялық қасиеттер материалдардың басқа заттармен химиялық әрекеттесуін түсіндіреді, тотығу кедергісі, газдардың енуі және химиялық белсенді заттармен. Химиялық әрекеттесу ортасының және металдардың коррозияға ұшырауының мысалы ретінде сипатталады.

Технологиялық қасиеттері металдар мен қорытпалар ыстық және салқын өңдеудегі қабілеттерімен сипатталады, сондай-ақ көлкіп шығуда, ыстық және салқын деформация, кесумен өңдеуде, термиялық өңдеу және әсіресе дәнекерлеу.

Өнімнің құрылысы кезінде бірінші кезекте материалдың механикалық қасиеттерін басшылыққа алу. Материалдың *механикалық* қасиеттері деформацияның қарсылығы мен әр түрлі жүктемелердің әсерінің бұзылуымен сипатталады.

Механикалық жүктемелер статикалық, динамикалық және циклдік болуы мүмкін. Бұдан басқа, материалдар әр түрлі температураға байланысты деформацияға түсуі және бұзылуы мүмкін, сондай ақ ортада, агрессивті болады.

Сол немесе басқа да материалдарды қасиеттеріне қарап қана емес, сапасына да байланысты қолданылады.

2.6. Серпімді және иілгіштік деформация.

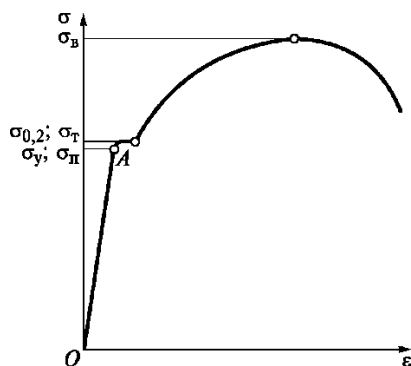
Кернеудің әсерінен дененің өлшемі мен формасының өзгеруін деформация деп атайды. Жүктемелерді алғаннан кейін жойылған және азғантай кернеумен салыстырғанда туындаған деформацияны *серпімді* деп атайды, ал сақталғаны - *қалдық* немесе *иілгіштік* деп аталады. Кернеудің ұлғаюынан деформация бұзылуымен аяқталуы мүмкін.

Диаграммада (сур. 2.16) серпімді деформация ОА түзуінің созылуымен сипатталады. А нүктесінің жоғары жағында О кернеуі мен е деформациясының арасында пропорционалдық бұзылады. Кернеудің өсуі деформацияның серпіді ғана емес, сондай ақ пластикалық болуына да әкеледі.

Серпімді және иілгіштік деформация өзінің физикалық негізіне сүйенсек, бір – бірінен айырмашылықтары бар. Серпімді деформация кезінде кристалды торларда тепе-теңдік жағдайлардан атомдардың араласуы орын алып жатады. Серпімді деформация кезінде металдардың құрылымы мен қасиеттерінің өзгеруі байқалмайды. Жүктемелерді алғаннан кейін араласқан атомдардың әрекеттесу күшінде тарту (созу кезінде) немесе итеру (қысу кезінде) тепе-теңдік

жағдайына қайта оралады және кристалдар алғашқы формасы мен өлшеміне ие болады. Материалдың серпімді қасиеттері атом арасындағы күштердің әсері арқылы анықталады.

Икемділік деформацияның негізінде кристал бөліктерінің біреуінен сәйкесінше басқасына орын ауыстыруында жатыр. Жүктемені алғаннан кейін серпімділікті құрайтын деформация ғана жойылады. Икемділік, яғни икемділік деформацияның бұзылуы кезінде бере алуы, металдың ең маңызды қасиеттерінің бірі болып табылады. Икемділік қасиетінің арқасында ОМД орындалады.



Сурет 2.16. Созылу диаграммасы:

σ_B — уақытша қарсыласу; $\sigma_{0,2}$, σ_T — шартты және физикалық тұтқырлығының шектеулігінің сәйкестігі; σ_y , σ_u — серпімділік шектеуі мен пропорционалдық шектеулігі

Икемділік металдың жалпы көлеміне желілік қысымды тепе тең таратады және бұзылу қаупін төмендетеді.

Қысымның ұзындығы, деформацияның икемді болуы деформацияның жылдамдығы мен температурасына байланысты. Деформация жылдамдығының ұлғаюына байланысты берілген деформацияның жетістігі үлкен қысымды талап етеді, сондай ақ температураның жоғарылауына байланысты керекті қысым төмендейді. Осылайша, икемді деформация термиялық икемді үдеріс болып табылады. Температураның төмендеуіне байланысты көптеген металдардың тұтқырлығы өседі. Металдардың басқа торлардың типтеріне қарағанда, КШО торларындағы металдардың тұтқырлығы температураға аз байланысты болады.

2.7. Сынғыш және тұтқыр сыну

Металдардың деформациялық сатысының қорытындысы — сыну сатысы — объектілерді зерттеу бұрынғыға қарағанда материалда жарық пайда болғаннан кейін оны қолдануға болмайтындығы салыстырылды. Сыну токтатылмайтындай, жүктеудің соңғы сатысы ретінде қарастырылды. Нақты уақытта, сыну сатысы ақаудың пайда болған уақытынан бастап конструкцияның 90 % төзімді болатындығы анықталды.

Механикалардың бұзылу жүйелерін оқу барысында апаттарға қатысты және кеме апаттары, көпірлер, резервуарлар, ұшатын аппараттар және басқа да конструкциялар, жоғары берікті материалдар мен олардың күрделі жағдайлардағы жұмыстарын қолдану болып табылады.

Қатты денелердің сынуы жүктемелердің әсерінен олардың бөліктерге бөліну үдерісі жүргізіледі, термиялық, радиационалдық, коорозиялық және басқа да әрекеттер жүреді. Атомдар деңгейлерінің бұзылуы атом арасындағы байланыстарың алшақтығы әсерінен жаңа беттер пайда болады. Егер атом арасындағы байланыстардың алшақтығынан перпендикуляр жазықтықтардың жойылуы орын алады, яғни бөлшектеу немесе бөлу. Егер алшақтық күштің әсерінен орын алса, жылжу немесе сырғу арқылы параллель жазықтықтардың бұзылуы орын алады. Кристалдық құрылымына байланысты металдарда сол және басқа да жойылу түрлері орын алады. Бұдан басқа, жойылу температураға тәуелділігімен, деформация жылдамдығымен, стресстік күйімен, металдың тазалығымен және т.б. сипатталады.

Икемді деформацияның дәрежесі сынудың негізгі екі түріне тәуелді: сынғыш және тұтқыр сыну.

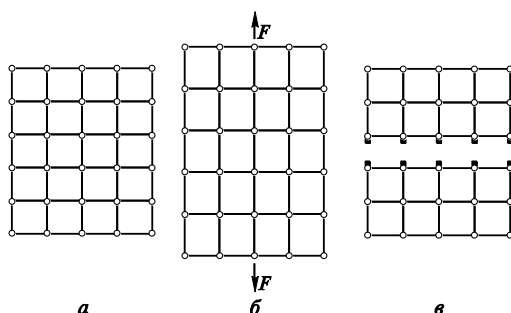
Металдың тұтқыр сынуы кезінде метал серпімді ғана емес, маңызды деформацияның икемділігі өтеді. Икемді деформацияның жоқтығынан немесе оның дамуының белгісіздігінен нәзік бұзылу оры алады.

Сынғыш сынулар бұзу жазықтығы қалыпты кернеулерге перпендикуляр болып келгенде, бөліну немесе бөлшектеу жолдары бойынша жүзеге асады (сур. 2.17). Қалыпты кернеудің әсерінен кристалды торларда деформация серпімді болады, белгілі бір дәрежеге жеткеннен кейін атом арасындағы байланыстың алшақтығы бір атомдық жазықтықтан екіншісіне тізбектей бөлінуі орын алады, т.б. металдардың бұзылуы. Бұзылу кез келген ақаудың салдарынан концентрациялық кернеудің дамуынан, металдың теориялық беріктіктің жоғарылауынан басталады. Кернеу концентрациясы коэффициенті K ақаудың ауырлығына пропорционал және оның ұзындығы: $k = 2\sqrt{JL/R}$, J — ақаудың ұзындығы; R — жоғарысындағы шеңбердің радиусы. Кернеу концентрациясы ішкі қалыптасуына ықпал етеді, сондай ақ сыртқы ақаулар – әр түрлі ауырлық пен ұзындықтың кескіндері (сур. 2.18).

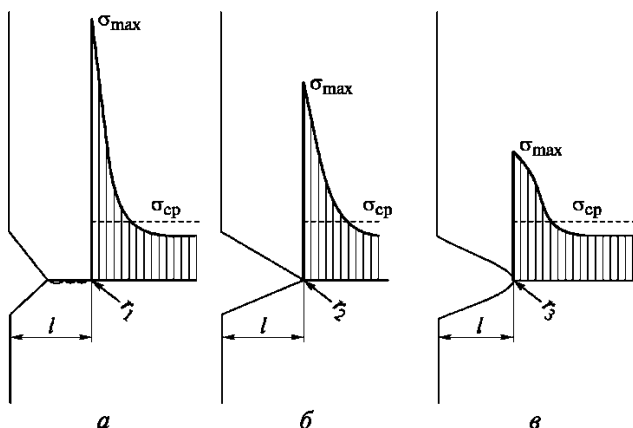
Икемділігі жеткілікті металдар кернеу релаксациясымен, жергілікті кернеу концентрациясында үзілістердің жеткіліксіздігімен сипатталады, және де жарықтар дамымайды.

Тұтқыр сыну кернеудің жанасуынан жылжу арқылы жүзеге асады. Жылжу жазықтығы басты қалыпты кернеу бағытына қарай 45° бұрышпен орналасқан.

Аморфты материалдардың тұтқыр сынуы таза жылжумен сипатталады, мысалы, сазда; таза сынғыш материалдың серпімділігі мінсіз болады, мысалы, алмаз. Бірақ көптеген нақты материалдарға тән және тұтқыр, және нәзік сыну, жеке бөліну түрлері шарттары түрде жүргізілді.



Сурет 2.17. F күштің әсерінен бөліну құрылысы:
a — алғашқы жағдайы; *б* — серпімді деформация; *в* — сынғыш (бөлік)



Сурет 2.18. Кернеу концентрациясы $\sigma_{\max}$ ақау аузында:

a — жарык; *б* — өткір кесу; *в* — дөңгелек шоқты; *l* — жарықтың тереңдігі; *r* — кесу радиусы; $r_1 < r_2 < r_3$; σ_{cp} — кернеудің орташа деңгейі

Тұтқыр сынудың және сынғыштың белгілері энергиялық сыйымдылығымен сипатталады, т.б. бұзылу жұмыстары, жарық түрлері және сыну беттері, жарықтарды тарату жылдамдықтарымен жүзеге асырылады.

Сынғыш кезінде бұзылу үдерісінде тұтқыр бұзылуға қарағанда өзіндік жұмыс жасалмайды. Сынғыштың басталуы кезінде өзіндік жүретін үдеріс болады — ол жүйеде жинақталған серпімді энергияның босатылуына байланысты, сондықтан жарықтан тыс энергияны жеткізу үшін қажет емес. Сынғыш кезінде жаңа беттердегі энергия шығынының нәтижесінде кішкене жарықтар анықталады, жинақталған серпімді энергияның салдарынан босатылады.

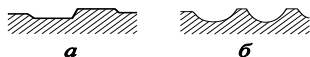
Тұтқыр бұзылу кезінде айтарлықтай үлкен жұмыс жұмсалады. Тұтқыр бұзылудың дамуы үшін үздіксіз сыртқы энергиямен жабдықтау қажет, металдың икемділік деформациясының шығындары жарықтарды ұлғайту және нәтижесінде алынған катоды жояды. Жұмыс, Деформацияның икемділігіне жұмсалған жұмыс бұзылу жұмыстарын айтарлықтай жоғарылатады.

Сынғыш кезінде денені бөлгіш жарықтарда кішкентай ашу бұршы (өткір жарық), деформацияның икемділігі мен бұзылу беттерінің жақындасу түгелдей жоқ (сур. 2.19, а). Тұтқыр бұзылу кезінде жарықтаар үлкен ашу бұрыштарға ие (шық жарықтар), беттердің бұзылуы деформацияның айтарлықтай икемділік дәрежесімен сипатталады (сур. 2.19, б).

Төмен температура кезінде дәндер арасындағы шекаралар дәндердің өздеріне қарағанда күшті, сондықтан көптеген металдар төмен температурада бұзылудың транскристалымен сипатталады және

Сурет 2.20. Микроқұрылымы сынықтардың:

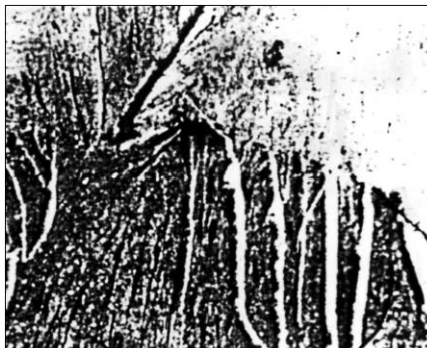
а - нәзік бұлағы қирауға, б - төмен табақшалы олардың арасындағы шекаралармен емес дәндермен температура - нәзік бұлағы қирауға өтеді. Жоғары температурада дәндер арасындағы байлау-сынғыш бұзылуы сияқты бөлініс шекаралар дәндердің өздеріне қарағанда әлсіз, сондықтан кристал арасында бұзылу болуымен сипатталады.



Сурет 2.19. Жарықтың түрлері және бұзылудың схемалары (жоғарғы беттің бұзылу перпендикулярларының қиылысуы):
а — нәзік бұзылу; б — тұтқыр бұзылу

Макро-толқын нәзік бұзылу кезінде жылтыр тегіс бет пайда болады. Кристалды нокаттар нәзік сыну кезінде металдық жылтыр тегіс бет береді.

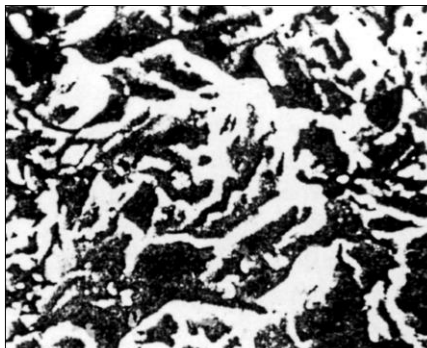
Электрондық — микроскоптық зерттеу арқылы «өзеннің үлгілерін» немесе дөңес сыну құрылымын анықтады (сур. 2.20, а), қозғалыстағы жарықтардың өзара әрекеттесудің салдарынан кристалдарда ақаулар болады, сондай ақ бөлшектердің кристаллографиялық бағдарларының болуы.



а



б



в

Сурет 2.20. Микроқұрылымы сынықтардың:
а - нәзік бұлағы қирауға,
б - төмен табақшалы қирауға, в - байлау-сынғыш бұзылуы сияқты бөлініс болды температурада 77 К

Сыну кезінде тұтқыр бұзылудың металдық жылтыры жоқ мөлдір емес талшықты сипаты бар. Электрондық – микроскопиялық зерттеулер сыну қаптамаларымен құрылатынын анықтап сипаттайды (сур. 2.20, б).

Сынғышта жарықтардың жоғары жылдамдықта таралуы сипатталады, металлдағы дыбыс 0,4 жылдамдыққа жақын нәтижеде таралады (болат үшін нәзік жарықтардың таралу жылдамдығы сәйкесінше шамамен $2 \cdot 10^3$ м/с). Тұтқыр жарықтардың таралу жылдамдығы төмен және кернеудің өсу жылдамдығымен анықталады.

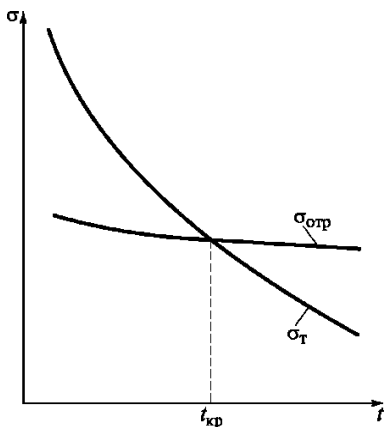
Қарастырылған белгілердің көмегімен бөлшектер мен құрылымдардың бұзылу сипатымен анықтауға болады (тұтқыр және сынғыш механизм) (сур. 2.20, в). Әрбір жеке жағдайда бұзылу сипатын анықтау қажеттілігі туындайтын тұтқыр және мыжылмай сәтсіздікке қарсы күрес шаралары түбегейлі ерекшеленеді. Тұтқыр бұзылу кезінде материалдың беріктігін жоғарылату қажет. Сынғыш кезінде керісінше тұтқырлығы мен икемділігі жоғарыласа, беріктігі төмендейді. Сынғыш бұзылу ең қауіпті.

Бөлшектеп бұзылуды үш фазаға бөлуге болады: микро жарықтардың пайда болуы; ол критикалық өлшемге дейін ұлғаяды; көрші ноқаттар арқылы микро жарықтардың таралуы. Кернеуді бұзу деңгейлері энергияға бай фазамен анықталады. Таза металдарда бұл жарықтардың шығу тегі мен бастапқы өсуіне қатысты. Металдарда бірінші екі сатысының ағынымен салыстырғанда жеңіл, содан кейін жарықтар дәндер шекараларымен шектеледі. Осының салдарынан мұндай металдарда жарықтардың ішіндегі біреуінің таралуының тұрақсыздығының сәтінен бастап жарықтардың шығу тегі мен тежегіш жинақтары жиі қадағаланады.

2.8. Бұзушылық сипатын анықтайтын факторлар

Жалпы ақпарат. Деформацияның шарты бойынша материалдың тәуелділігі сынғыш немесе тұтқыр механизмде бұзылуы мүмкін. Бұзылу материалдың қасиеттеріне әр түрлі факторлардың әсеріне байланысты сипатталады, сол сияқты байланысты болмауы да мүмкін.

Ішкі және сыртқы факторлардың айырмашылықтары. Сыртқы факторға температура қатысты, кесек типтері немесе кернеудің концентраторы, жүктеменің жылдамдығымен шарттары, қоршаған ортаның сипаттары, деталдың формасы мен өлшемі жатады. Ішкі факторларға кристалды торлардың типтері, химиялық құрамы, дәндердің құрылымы мен өлшемі, бастапқы өңдеу технологиясына байланысты материалға тән қасиеттер жатады.



Сурет 2.21. Иоффе—Давиденкованың тұтқырдан-сынғышқа ауысу схемасы:

$a_{тер}$ — бұзу кернеулігі; a_c — шекті сұйықтық; t^* — критикалық температураның сынғыштығы

температуралық облысқа бөледі: солға қарай бұл нүкте материалдың сынғыш бұзулы облысында ($a_{тер} < a_c$), оңға қарай — тұтқыр бұзылу облысында ($a_{тер} > a_c$) орналасады. Температура бұзу кернеуі салдарынан шекті сұйықтық тепе-тең болады, тұтқырдан сынғышқа ауысу температурасы немесе сынғыш критикалық температура деп атайды және t^* білдіреді.

Материалдың қабілеттері температураның төмендеуінен суық қысқа деп аталатынын сында бұзылады. Температурадан басқа әр түрлі факторлардың әсеріне тәуелді. Суық қысқа белгілі бір жағдайларда пайда болады және қасиеті болып табылмайды, материалдың жағдайы. Суық қысқаның негізгі сипаты темпеатураның критикалық сынғыштығы болып табылады. Осы сипаттардың көмегімен материалдың сынғыш бұзылуына қарсы бағаланады. Температураның критикалық сынғыштығы материалдың тұрақтығы және бірқатар факторлармен анықталмайды.

Сынғыш бұзылуды талдау әдетте суықтың жарылуы кесектердің әсерінен басталады, кернеудің концентрациясы болып табылады. Кесектер металдардың кез келген үзілісінен болады. Кесектерге дәнекерленген ақауларды жалғау (кеуектілігі, таза емес, қабырға бойындағы қуыстар), жоғары сызаттар, металл емес қосындылар, газды раковина.

Сыртқы факторлар. Бұзылу сипаты температураның әсерінен схемада А.Ф. Иоффенің ұсынуымен және Н.Н.Давиденковтың дамытуымен (сурет 2.21) жақсы суреттелген. Осы схемаға сәйкес бұзылудың бір түрінің ауысуы a_c сұйықтығының шектік мәндеріне және $a_{тер}$ бұзу кернеулігіне сәйкестігі анықталды. Температуралық тәуелділік a_c және $a_{тер}$ әр түрлі сипаттары бар, сондай ақ бұл схемаға сәйкес шекті сұйықтық пен бұзу кернеулігі бір — бірімен байланысты емес. Температураның төмендеуіне байланысты шекті сұйықтық күрт өседі. Бұған біріншіден бұзу кернеулігінің температураға тәуелді еместігіне қарама — қарсы.

ратураның кернеулігі не a_c , не $a_{тер}$ ұзындығына :ен болса, деформация икемді болады, ары қарай $a_{тер}$ бұрын жеткен болса, сынғыш бұзылу орын ылысуы Иоффе—Давиденкова схемасын екі

Кесектер деталдарда технологиялық тесіктер және бөлімдердің өткір ауысулары болуы мүмкін. Кесектер металдардағы күрделі кернеулікті жағдайларды туғызады, деформацияның икемділігінің тығыздығы және кернеу концентрациясы.

Икемділік деформацияның тығыздығы деформацияның икемділігінің σ_t өсуіне қарсылығын ұлғайтады. Икемділік деформацияның тығыздығы неғұрлым өткір және терең кесу болғанда, соғұрлым σ_t жоғары болады. Кесулердің әсерінен металл жоғары температурада сынғыш болып келеді.

Кесек пен жарықтардың сезімталдығы кесектің шектеулі көрінісі, металл жұмысының маңызды сипаттамаларының біріне қатысты болып табылады. Металл беріктігінің жоғарлаған сайын кесілген бөлікке деген сезімталдығы артады.

Жүктеме жылдамдығының артуына байланысты сынғыштық қаупі де артады. Металлдың температурасы төмен болған сайын, соғұрлым жылдамдықтың деформациясына күшті әсер етеді.

Материалдың бұзылуы энергиялық беттердің өзгеруіне және коорозиялық әрекеттерді қолдануда қоршаған орта әсер етеді. Сонымен қатар, ортада, сутегі құрамында, металлдардың сутекті эмбрииттенуі орын алады. Кернеудің әсерінен коррозия кезінде сутекпен қанықтыру арқылы металлдың сынғыштығы артады және критикалық температурада жоғары күндылықты аймақтарда сынғыштық әсері араласады.

Үлгінің көлденең қимасы көп болған сайын, икемділік деформациясының тығыздығы шектеледі. Кернеудің көлемдік күйінің көтерілуі сұйықтықтың шектеулілігінің жоғарылауына алып келеді.

Деталдардың беріктігіне байланысты статистикалық сипатының болуы материалда ақаулардың пайда болу ықтималдығының заңдарына бағынады. Үлгінің өлшемі ұлғайған сайын қауіпті ақаулардың пайда болу ықтималдығы артады.

Металлургиялық факторлардың әсерінен көлденең қиманың мөлшерінің ұлғаюына сегрегациялардың дамуы, кеуектілігі, дәндер өлшеміндегі айырмашылықтардың үлкен бөлігі, соққыға арналған құрылымды зерттеудің, илеу мен термиялық өңдеудің 3 бөлігі әсер етеді.

Ішкі факторлар. Металлдың кристалды құрылымы төмен температурада сынғыштыққа байланысты бейімделген. Металлдар кристалды ККО-торларында (а-темір, вольфрам, хром, молибден және т.б. негізінде болды), сондай ақ кейбір металлдар ГТО-торларында (цинк, кадмий, магний) суыққа төзімді материалдарға қатысты. ГТО торларында таза титандар болады, бірақ төмен температурада икемділігін сақтайды. Металлдар КШО-торларында (у-темір, мыс, алюминий, никель аустенитті негізде болады) суыққа төзімді болмайды.

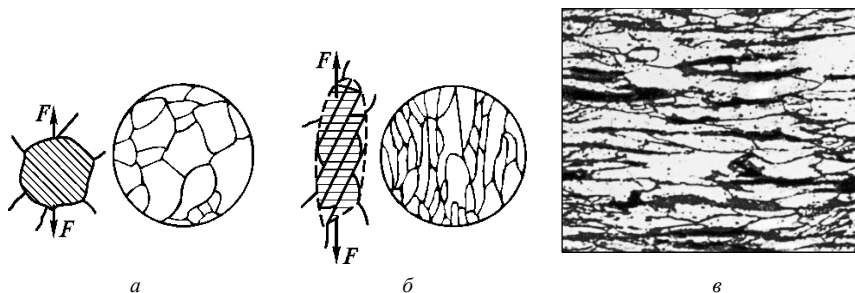
Ноқаттың өлшеміндегі металлдар үшін сұйықтықтың шектеулігі, сынғыш қабілеті мен температураның тұтқыр-сынғышқа ауысуы маңызды. Ноқаттарды ұсақтау температураның сынғыштығын төмендетеді.

Металл ағынының процесі орташа қашықтыққа байланысты, дәндер шекарасында бұғатталып қалғанға дейін шығып кетеді.

Балқыту мен құю технологияларының өзгеруіне байланысты деформацияның икемділігі мен термиялық өңдеу дәннің өлшеміне әсер етуі мүмкін және металдың суға төзімділігі мен қасиеттерін басқарады.

2.9. Суық қатаю және қайта кристалдану

Суық қатаю. Жүктеме алғаннан кейін сұйықтық шектеулігін жоғарылату тұрақты деформация үлгісінде қалады. Қайта жүктеу кезінде металл сұйықтығының шектеулігі өседі және оның қабілеттері деформацияның икемділігін төмендетеді, сондай ақ метал қатайды. *Суық қатаю* деп аталатын деформацияның икемділігінің әсерінен металл қатайды. Деформация кезінде дене өзінің формасы мен бағдарын өзгертеді, кристалдардың талшықты құрылымы мен жеңілдетілген бағдарын қалыптастырады. Деформация бағыты бойымен ноқаттар осьтерінің беріктігінің бағдарын қалпына келтіру орын алады. Деформацияланған және тегістелген ноқаттар F күштің әсерінен созылады, талшықтары және қабатты құрылымды қалыптастырады (сур. 2.22). Аз өлшемдегі жылулар деформацияланған ноқаттар шекарасының теңдік елесін құрады (2.22 суретте, б штрихталған сызықтармен көрсетілген). *Металл құрылымы* деп аталатын деформация бағытының бойымен ноқаттардың кристаллды графикалық артықшылығы бағдарланады.



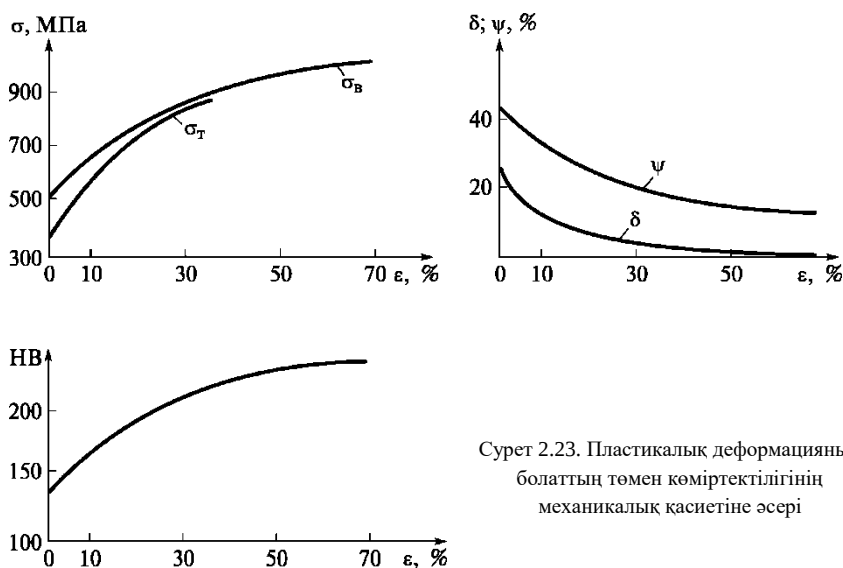
Сурет 2.22. F күштің әсерінен деформация нәтижесінде ноқаттың формасының өзгеруі:

$a, б$ — деформацияға дейін және деформациядан кейін ноқаттың формасының сәйкестігінің схемасы; $в$ — деформациядан кейін төмен көміртекті микроқұрылымы 15 болды, 150 есе ұлғаю

Деформация дәрежесі неғұрлым көп болса, соғұрлым нокаттардың басым көпшілігі айтарлықтай бағдар алатын болады. Текстураның қалыптасуы талшықтар бойымен және көлденең қасиеттердің анизотропиясының пайда болуына ықпал етеді.

Деформация дәрежесі артып келе жатқанда деформация кедергісін сипаттайтын механикалық қасиеттер (беріктік сипаттамалары: қаттылыққа беріктікке уақытша төзімділік, ағымдылыққа беріктігі, НВ), деформациялық беріктік жүреді, деформацияға иілгіш қасиеті (салыстырмалы ұзарту δ және салыстырмалы тарылту ψ) азаяды (сур. 2.23). Ағу шегі бұрынғыға қарағанда көп көтеріледі, қарсылыққа қарағанда қарқынды түрде артып, пластикалық деформация дәрежесі артып отырғандықтан, екі сипаттаманың мәндері бір-біріне жақындайды. Суық жұмыс нәтижесінде механикалық қасиеттер айтарлықтай өзгереді: мысалы, $\epsilon = 70\%$ жеңіл деформация дәрежесінде, оның уақытша кедергісі шамамен 2 есе өседі, ал салыстырмалы ұзарту 5-тен 30% -дан 2% -ға дейін төмендейді. Суық түсіру кезінде алынған 80 ... 90% деформация дәрежесінде суық бұрмалаудан алынатын болат сым тұтқыр және термиялық өңдеу арқылы қол жеткізе алмайтын $\sigma_v = 4000$ МПа шамасын алады.

Суық қатайту арқылы алынған беріктендіру пластикалық деформация процесіне тән дислокация тығыздығының айтарлықтай өсуімен түсіндіріледі. Суық деформациядан кейінгі дислокация тығыздығы металды металдың шығу тығыздығымен салыстырғанда шамалы $10^{11} \dots 10^{12} \text{ см}^{-2}$ шамаға көбейеді,



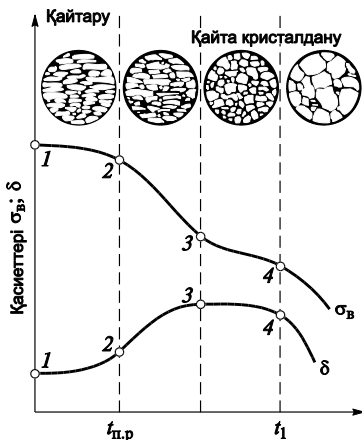
Сурет 2.23. Пластикалық деформацияның болаттың төмен көміртектілігінің механикалық қасиетіне әсері

Сонымен қатар, иілгіштік деформация процесінде бос нүктелер саны және атомдардан бөлінетін нүктелер саны артады, бұл дислокацияны еркін жылжытуға қиындық тудырады. Дислокация қозғалысына қосымша бөгеттер нокаттардың деформациясы және блоктардың ұсақталуы арқылы жасалады. Барлық осы факторлар металдарды суық қатайту беріктендіруге ықпал етеді.

Сонымен қатар пластикалық деформация нәтижесінде металдардың физикалық-механикалық қасиеттері айтарлықтай өзгереді. Суық қатайтылған метал төмен төзімділікке ие болады, жоғары электр кедергісіне, төмен жылу өткізгіштікке, оның коррозияға төзімділігі төмендейді. КШО-торлы металдар ККО-торлы металдарға қарағанда суық қатайту кезінде күшейеді.

Металдар мен қорытпалардың қайта кристаллизациялау процестері. Кристалдық құрылымдағы ақаулар санын көбейту және суық қатайту нәтижесінде ішкі кернеулердің пайда болуы металдың еркін энергиясының артып, тепедеңдіксіз, тұрақсыз күйге ұшырайды. Бөлме температурасында ұзақ уақыт бойы ұстау, тіпті одан да көп қыздыру металды одан да жоғары тұрақты құрылымдық күйге көшуіне ықпал етуі керек.

Ең алдымен, кішігірім қыздыру кезінде (темірге 400°C дейін) кристалдық тордың бұрмалануы жойылады, олардың аннигиляциясына байланысты дислокациясының беріктігі төмендейді, бос орындар



санының азаюы, ішкі кернеулердің төмендеуі. Дегенмен, ешқандай көрінетін құрылымдық өзгерістер болмайды және нокаттың созылмалы пішіні сақталады. Бұл үдеріс *металдың қайтуы* деп аталады. Қайта оралған кезде, бастапқы күйге қарағанда, күшін 20,30% -ға төмендетеді, ал иілгіштік қасиет біршама артады. Поликристалды нокаттарда дислокациядан бос субшекара бөлінуден олардан босатылған субнокаттарды бөліп тұрады. Температураның жоғарылауымен немесе металды жылыту температурасының жоғарылауымен қосалқы бөлшектердің кеңеюі күштің одан әрі төмендеуіне әкеледі. Кейінгі жылыту кезінде суық қатаю металының микро-құрылымының өзгеруі жүреді (2.24-сурет). Температураның жоғарылауы кезінде атомдардың қозғалғыштығы

Сурет 2.24. Деформацияланған металдың қыздыру кезіндегі қасиеттері мен құрылымының өзгеру құрылысы:

1—2 — қайтару; 2—3 — алғашқы кристаллдау; 3—4 — жиынтық қайта кристаллдау; t_{uv} — қайта кристаллдаудың температуралық шегі; t_1 — фазалық айналудың температурасы

өсіп, талшықты құрылымдардың орнына жаңа ноқаттар пайда болады. Жаңа тең осьті ноқаттардың пайда болуы *қайта кристаллизация* деп аталады.

Қайта кристаллизация процесі екі кезеңде жүзеге асырылады. Бастапқы және ұжымдық қайта кристаллизациялау деп айырады. Қайта кристалданудың негізгі процесі - жаңа тең осьті ноқаттардың пайда болуы. Жаңа ноқаттар бұршақтар мен ескі ноқаттар шекарасында торлар қатайтылған кездегі қатты бұрмаланған жерде пайда болады. Алғашқы қайта кристаллизация нәтижесінде металдың суық қатайтылуы алынады және қасиеттері бастапқы мәндерге жақындайды. Дислокация тығыздығы сондай-ақ бастапқы деңгейге дейін төмендейді.

Қайта кристалданудың басталу температурасы *қайта кристаллизацияның температуралық шегі* деп аталады.

Температураның кейінгі өсуі *ұжымдық қайта кристаллизацияға* әкеледі, бұл жаңадан қалыптасқан жаңа ноқаттардың өсуіне байланысты. Ірі ноқаттардың үлкен саны беткі қуаттың үлкен қорына ие. Ноқаттар ұлғайған кезде олардың шекараларының жалпы беті азаяды, бұл металды тепе-теңдікке көшіруді жеңілдетеді. Топтық қайта кристаллизацияның қозғаушы күші - бетінің энергиясын азайтады..

Қайта кристаллизация процесінде қалыптасқан ноқат мөлшері металдың қасиеттеріне үлкен әсер етеді. Ірі ноқаттардың қалыптасуы механикалық қасиеттерін төмендетеді. Ұжымдық қайта кристалдану жағдайында ноқат мөлшері жылулық температурасына, алдыңғы иілгіштік деформациясының дәрежесіне және жылу әсерінің ұзақтығына байланысты. Одан ірі ноқаттар шағын алдын-ала деформациялармен (15% дейін) қалыптасады, бұл *сыни* деп аталады. Деформацияның төменгі дәрежесінде суық қатаюы біркелкі емес, демек, торлы ақаулар мен кернеулер біркелкі болмайды. Осы жағдайларда ноқат шекаралары едәуір қашықтықта жылдам ығысу мүмкіндігін алады, бұл ноқаттардың үлкеюін арттырады.

Деформация суық және ыстық болуы мүмкін. Суық деформация қайта кристаллизация температурасынан төмен температурада жүзеге асырылады және металды суық қатайтумен жүреді. Ыстық деформация қайта кристаллизация температурасынан жоғары температурада болады. Ыстық деформация үшін толық немесе ішінара беріктендіру тән. Осылайша, қысыммен өңдеу кезінде, екі үдеріс орын алады: иілгіштік деформациясына байланысты қатаю және қайта кристаллизация кезінде жұмсарту.

Бөлме температурасында суық қатайтуды өткізбейтін және ыстық деформацияланатын металдар бар. Мысалы, бөлме температурасынан төмен температурада қайта кристаллизациясы бар қорғасын. Қайта кристаллизация температурасы шамамен 900 ° C болатын молибден

үшін 800 ° С жылыту кезінде деформация суық деформация болып қала береді. Іс жүзінде ыстық деформация әдетте температурада (0,7 ... 0,75) орындалады, мұнда N - металдың балку нүктесі

2.10. Материалдарды зерттеу және сынау әдістері

Микроқұрылымды зерттеу. Металл құрылымын зерттеуде *макроқұрылымды* айырады - бұл көзге көрінетін металл құрылымы, және *микроқұрылым* - металлографиялық әдістермен анықталған металл құрылымы, яғни түрлі (оптикалық, электрондық және ионды) микроскоптарды қолдануға арналған.

Металл макроструктурасын зерттеу арқылы, мынаны анықтауға болады:

металлдың үздіксіздігін бұзуы: шөгуді, кеуектілігі, газ көпіршіктері мен қабықшалары, субкортикалық көпіршіктер, кристал аралық жарықтар; жарықтар және құйылған металдардағы жарықтар мен тесіктер; қысыммен және термиялық өңдеуден туындаған жарықтар, флокендар; дәнекерлеудің ақаулары (дұрыс дәнекерленбегендер, газдық көпіршіктер, бос орындар түрінде);

құйма металдың дендрикалық құрылымы және транскристаллизациялық аймағы, ноқат мөлшері;

шойынның химиялық біркелікті еместігі (сұйықтық);

деформацияланған металдың талшықты құрылымы;

қысыммен өңдеуден кейінгі, термиялық, термомеханикалық немесе химиялық-термиялық өңдеуден кейін металдың құрылымдық немесе химиялық біркелкі еместігі;

сынық типі: тұтқыр, сынғыш, нафталинді, әк тәрізді және т.б.

Металды микроқұрылымды зерттеу үшін оптикалық, электронды және ионды микроскоптар қолданылады. Оптикалық микроскопта бейнелер жарықта пайда болады. Қазіргі заманғы оптикалық микроскоптарда 100-ден 2 500 рет дейін өседі. Олардың көмегімен құрылымдық компоненттер мен фазалардың кемінде 0,2 мкм мөлшерін бөлуге болады.

Оптикалық микроскоптарды пайдаланатын металлографиялық зерттеулердің көпшілігі жеңіл (тік) жарықтандыруға негізделген.

Микроқұрылымды зерттеуді әдетте, түрлендірілмеген түрдегі арнайы дайындалған үлгіні (жылтыратылған секцияны), яғни оның жылтыратып және жуудан кейін қарастырады. Бұл жағдайда металдың емес қосындыларды, кіші тесіктерді, белгілі бір қорытпаларға тән кейбір құрылымдық компоненттерді (мысалы, сұр шойындағы графит) зерттеуге болады. Металл емес қосындыларды бөлудің саны мен сипаты бақыланған суреттерді стандартты таразыда 100 есе көбейген секциямен салыстыру арқылы анықтайды.

Осыдан кейін тегістеуді жүргізеді. Майлау үшін реактивтарды зерттелетін қорытпаның құрамына және зерттеу тапсырмасына байланысты таңдалады.

Портативті және стационарлық микроскоптар бар. Портативті микроскоптарды металл бетінде тікелей өнімді (үлгіні кеспей) тексеру үшін қолданылады. Стационарлық микроскоптарды тік және көлденең деп бөледі. Барлығына ортақ – заттық стөлдің үстіне орналасуы болып табылады. Металлографиялық микроскоптың механикалық, оптикалық (линзалар, көздер), жарықтандыру жүйелерін және фототехниканы қоса алғанда өте күрделі құрылғысы бар. Зерттеуде және зауыт зертханаларында МИМ-7, МИМ-8, «Неофот-21» микроскоптары кеңінен қолданылады.

Арнайы дайындалған үлгідегі микроскопиялық зерттеулер формалары, өлшемдер, фазалардың таралуы және металл емес қосындылар, ноқат мөлшері, сұйықтық аймақтары, шұңқырларды пайдаланатын дислокация және т.б. сияқты құрылымдық ерекшеліктерін зерттеуге мүмкіндік береді. Металдар мен қорытпалардың түрлі температура жағдайында микроқұрылымын зерттеу үшін микроскоптардың бірнеше түрлері жасалды. Олардың көмегімен қыздыру, фазалық айналу, синтездеу процесі, беткі құбылыстар кезінде металдағы ноқаттың өсуін бақылауға болады. Жылытылған үлгіні деформациялауға мүмкіндік беретін және жылжу процесін бағылауға, қосарлану, релаксация, фазалық түрлендірулер процестерін бақылауға мүмкіндік беретін құрылғылар бар.

Механикалық қасиеттерін сынау. Сыртқы жүктемелердің әсерінен металдардың әрекеттері механикалық қасиеттерімен сипатталады, олар әр материал үшін нақты жүктеменің шегін анықтауға мүмкіндік береді, әр түрлі материалдардың салыстырмалы бағалауын жүргізеді және зауыттың және зертханалық жағдайларда металл сапасын бақылауды жүзеге асырады.

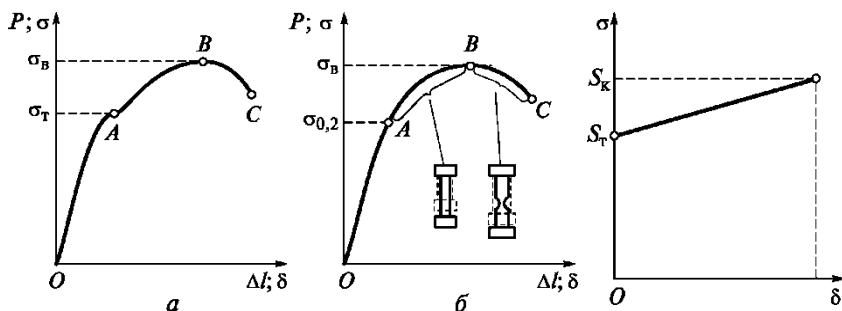
Механикалық қасиеттердің сынақтарына бірқатар талаптар қойылады. Температуралық және беріктік сынақ шарттары шынайы машиналарда және құрылымдарда материалдардың жұмыс жағдайына барынша жақын болуы керек. Сонымен бірге, сынақ әдістері өте қарапайым және металлургиялық өнімдердің жаппай сапасын бақылауға жарамды болуы керек. Өртүрлі құрылымдық материалдардың сапасын салыстыру қажет болғандықтан, механикалық қасиеттерге арналған сынау әдістері стандарттармен қатаң реттелуі керек.

Механикалық қасиеттерін анықтау нәтижелері машиналар мен конструкцияларды жобалау кезінде және дизайнды жобалау тәжірибесінде қолданылады. Механикалық сынақтардың мынадай түрлері кеңінен таратылады:

- бір жақты тартылуға бір рет жүктелген статикалық қысқа мерзімді сынақтар - қысу, қаттылық, иілу және бұралу;
- соққы күші мен оның компоненттерін анықтайтын динамикалық сынақтар - сыну бастамасының нақты жұмысы және жарықтардың дамуының нақты жұмысы;
- материалдың төзімділік шегін анықтау үшін айнымалы жүктеме сынақтары;
- термиялық шаршауға сынақтар;
- серпінділік пен ұзақ мерзімді беріктікке сынақтар;
- сызаттардың соққылық параметрлерін анықтау арқылы жарықтардың дамуының кедергісінің сынақтары;
- күрделі кернеулер жағдайында, бөлшектердің табиғи сынақтары, жинақтарды және дайын құрылымдарды толық масштабты сынақтау.

Статикалық сынақтар. Ең жиі созылмалы сынақтарды өткізеді (МОСТ 1497-84). Әдетте бес реттік дөңгелек кима үлгісі қолданылады (диаметрі 5 мм, есептік ұзындығы 25 мм). 2.25 суретте, диаграмманың созылуының екі түрі берілген: алаңы бар және алаңы жоқ жүктеме координаттардың, P жүктемесі – D ұзарту/ (2.25, а, 2.25, б суреттеріне сәйкес). Диаграмма жай ғана кернеу координаттардағы диаграммаға айналдырылады, а - салыстырмалы 5 деформация болып табылады. Мұнда $a = P/A_0$; $5 = (D//_0)$ 100%, мұндағы A_0 , $/_0$ - тиісінше бастапқы сынақ аймағы және сынақ алдында сынама ұзындығы.

Тартылу диаграммасы үш бөлімнен тұрады: ОА серпімді деформациясы, АВ біртекті пластикалық деформация және ВС мойын шоғырланған деформациясы. Серпімді деформация аймағы тік сызықты нысаны бар және материалдың қаттылығын сипаттайды. Материал аз серпімді штамм жүктемесінің әсерінен өтеді, оның икемділік модулі бойынша сипатталатын қаттылығы жоғары: $E = a / 5$.



Сурет 2.25. Созылу диаграммалары:

а — шығын алаңымен; б — шығын алаңсыз; в — нақты кернеулер диаграммасы ε_T , ε_K

Икемділік модулі – материал константасы болып табылатын атомдардың өзара әрекеттесу күштері анықтайтын құрылымдық тұрғыдан сезімтал емес сипат. Икемділік қасиеттері металдың температурасына байланысты. Температура төмендеген сайын атом аралық қашықтықтар азаяды, кристалдар қысылады, бұл икемділік модулінің ұлғаюына әкеледі. Икемділік модульдің негізгі өсуі 77 К температураға дейінгі температура диапазонында орын алады, сұйық азот температурасынан төмендеген кезде өсуі баяулайды, ал абсолюттік нөлге жақын икемділік модулі температурадан тәуелсіз болады.

Үлгінің жүктемені («ағымдары») елеусіз жоғарылатуымен деформацияланған ең төменгі кернеу a_1 *физикалық ақпа нүктесі* деп аталады:

$$\sigma_T = P_T / A_0.$$

Егер шығымдылық аймағы болмаса, бастапқы үлгідегі ұзындығының 0,2% -на тең қалдық ұзындық алған кездегі шартты шығыс кернеуін a_{02} анықтайды.

Ағымдылық шегі - шағын иілгіштік деформацияларға төзімділікті сипаттайтын рұқсат етілген кернеулерді есептеудегі беріктігі.

Кернеу алдындағы бұзылуына сәйкес келетін ең үлкен жүктеме, a_B *уақытқа төзімділік* деп аталады:

$$\sigma_T = P_B / A_0.$$

Кедергі сәтінде иілгіштік деформацияның мөлшері материалдың пластикалық қасиетін сипаттайды. Икемділіктің екі сипаты бар: салыстырмалы ұзарту 5,% және салыстырмалы тарылу $y, \%$:

$$\delta = [(l - l_0) / l_0] \cdot 100,$$

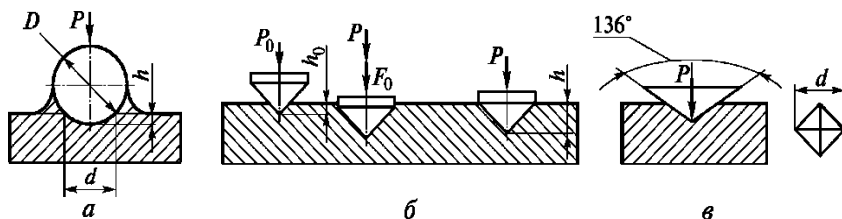
мұнда l - үзілістен кейін үлгінің ұзындығы; l_0 - үлгінің бастапқы ұзындығы;

$$\psi = [(A - A_0) / A_0] \cdot 100,$$

мұнда A - үзілген нүктеде үзілген үлгінің көлденең қимасы; A_0 - үлгінің бастапқы көлденең қимасының алаңы.

Әдеттегідей, металдың $5\% > 15\%$; $y > 45\%$ шартты деп есептеу қабылданған. Нақтырақ айтқанда, үлгінің кернеуі мен кернеу арасындағы байланыс шынайы кернеулердің диаграммаларын көрсетеді (2.25, сурет). Шынайы кернеу жүктемені сынақ уақытында үлгінің көлденең қимасы бойынша бөлу арқылы анықталады.

Сипаттарды сынақтаудың қарапайым әдісі *қаттылықты өлшеу* болып табылады. Қаттылық жергілікті байланыс әсерінен жер үсті қабатындағы деформацияға қарсы тұру үшін материалдың қасиеті деп аталады.



Сурет 2.26. Үлгінің қаттылығын анықтау құрылысы:

a — Бринелл бойынша; $б$ — Роквелл бойынша; $в$ — Виккерс бойынша; D — үлгі диаметрі; d — ізінің диаметрі; P_0, P — болжанушы және негізгі жүктеме; h_0, h — болжамды және нақты жүктемеден кейінгі іздің тереңдігі

Қаттылықты анықтаудың келесі әдістері бар: Бринелл бойынша (шар баспасының диаметрі бойынша); Роквелл бойынша (алмазды конустың немесе қатқан шардың қығыздау тереңдігіне қарай); Виккерс бойынша (шағын қалыңдығы немесе жұқа беткі қабаттары туралы мәліметтер үшін, қаттылығы алмаз пирамидасының баспа диагоналынан анықталады). Осы әдістердің схемалары 2.26. суретте келтірілген.

Бринелл әдістемесі бойынша сынау (2.26, а сурет) тұрақты жүктеменің әсерімен сыналатын корпусқа D диаметрлі болат шарларын басуды білдіреді және әсердің диаметрін өлшейді. Бринеллге қаттылық HB P жүктемесімен анықталады, бұл баспа сфералық бетіне бөлінеді. Басып шығару диаметрі неғұрлым аз болса, металлдың қаттылығы соғұрлым жоғары болады. Іс жүзінде, қаттылықты формулалармен емес, d басып шығару диаметрі бойынша арнайы кестелер арқылы анықталады. Шардың ықтимал деформациясынан қорқуына байланысты Бринелл әдісі 450 HB астам қаттылығы бар материалдарға пайдалануға ұсынылмайды.

Бринелл бойынша уақыт қарсылығы және қаттылығының саны бір-бірімен байланысты: болат үшін, $c = 0,34 \cdot HB$, мыс қорытпалары үшін, $c_b = 0,45 \cdot HB$, алюминий қорытпалары үшін, $c_a = 0,35 \cdot HB$.

Роквелл әдісі бойынша сынақтау (2.26, б сурет), алмаздық конус (ас жұмсақ материалдар үшін кішкентай болаттан жасалған) металды екі дәйекті жүктемеде басады: алдын-ала $P_0 = 100$ Н және негізгі P . Үш шкаласы бар. Алмаз конустары мен $P = 1,400$ Н масштабтағы C сыныбымен сыналған кезде қаттылық HRC деп белгіленеді, сол кезде $P = 500$ Н масштабтағы A (HRA) және болат шарлармен және $P = 900$ Н масштабтағы B (HRB) . Роквеллдың қаттылық бірлігі - бұл индикатордың $0,002$ мм осьтік жылжуына сәйкес келетін өлшемсіз мөлшер. C шкаласында қатты материалдардың қаттылық мәндері Бринелл әдісімен (қаттылық 450 HB -тен жоғары) анықталады.

Виккерс бойынша қаттылық (2.26-сурет, в) P жүктемесінің әсерінен дұрыс төрттік пирамиданы басу арқылы анықталады және әсердің d диагонали өлшенеді.

Жүктеме 10-нан 1000 Н-қа дейін өзгереді. Материал жіңішке болған сайын, металлдың қолданбалы жүктемесі аз болуы керек. Виккерс бойынша HV қаттылықты баспа диагоналінің арнайы кестелері арқылы анықтайды.

Кейбір жағдайларда металлдың жекелеген учаскелерінің микро қаттылығын анықтайды. Бұл әдіс жеке нокаттардың немесе өте жұқа қабаттардың қаттылығын өлшеуге арналған.

Динамикалық сынақтар. Динамикалық сынақтың негізгісі болып металлдың соғуға төзімділігін анықтайтын *соғу үлгінің сынақ әдісі* болып табылады (МОСТ 9454-78).

Әдіс бір маятниктің әсері арқылы сынған үлгіні бұзуға негізделген (2.27-сурет).

Сынама копролдің тіректеріне орналастырылады және қимаға қарсы сынақтың үлгі жак бетіне соғылады. Үлгіні бұзуға жұмсалған жұмысты формула арқылы анықтайды

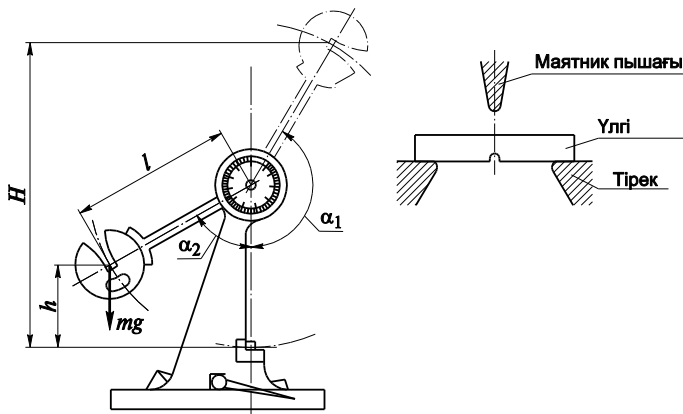
$$K = mg (H - h) = mgl (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1),$$

мұнда m - маятниктің массасы; g – бос құлауды жеделдету; H, h - маятниктің соққыға дейін және үлгі жойылғаннан кейінгі биіктігі; l - маятниктің ұзындығы; α_2, α_1 - соққыға дейінгі маятниктің бұрышы және сәйкесінше үлгі жойылғаннан кейін.

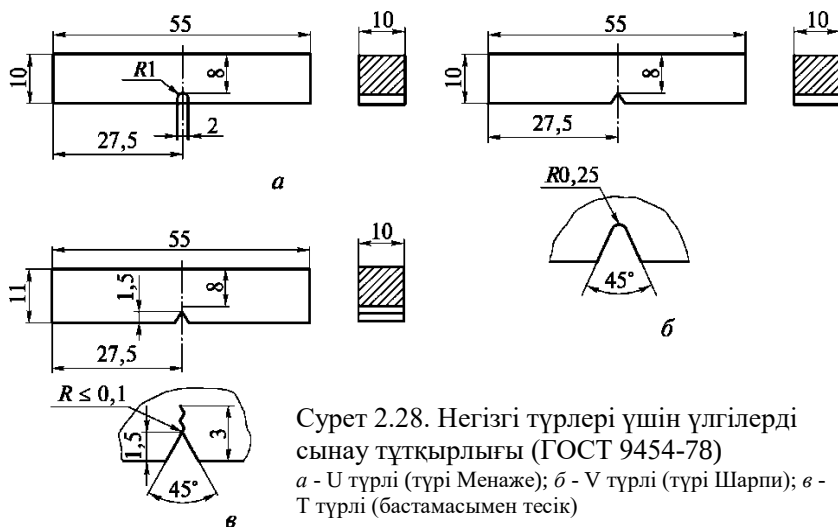
m, H, l, α_1 - мәндері тұрақты, сондықтан сынақтар жойылу кезінде жұмысының мәні α_2 (h) мәнімен арнайы кестелерді қолдану арқылы анықталады.

КС, Дж / см² соққы күші $KS = K / A$ формуласы бойынша шығу нүктесінде бастапқы үлгідегі қиманың бастапқы қимасы бойынша сынған үлгінің әсер етуі арқылы деформацияға және сынуға арналған K сынықтары жұмысының қатынасы ретінде анықталады.

Кернеу концентраторларын түріне қарай, сынамалардың үш түрі бөлінеді: 1 мм кесудің астының радиусы (U түрі); 0.25 мм (V түрі) және сынған жарық (T түрі) басталған (2.28-сурет).



Сурет 2.27. Схемасы соққы тұтқырлығына арналған сынақтар



Сурет 2.28. Негізгі түрлері үшін үлгілерді сынау тұтқырлығы (ГОСТ 9454-78)
a - U түрлі (түрі Менаже); *б* - V түрлі (түрі Шарпи); *в* - T түрлі (бастамасымен тесік)

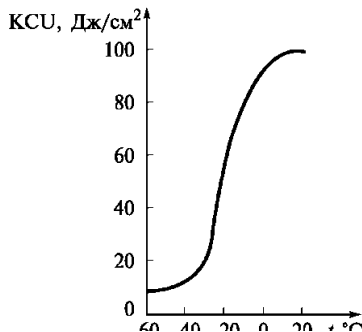
Жарылыстары бар үлгілерді соғу сынамасымен енгізу, материалдардың өнімділігі жарықтың берілуіне кедергі емес, оның таралуына төзімділігі ретінде анықталады. Әдеттегі үлгілерде 10 x 10 мм көлденең қимасы бар, бірақ аса маңызды жағдайларда және үлкен бөліктердің жұмысын бағалауда 25 x 25 мм көлденең қимасы бар сынамаларды қолданады. Қима қаншалықты өткір болса, металл соғұрлым қиынырақ сынаққа тап болады. Кесектің түрі соққының және соққыға төзімділіктің жұмысын белгілеуге кіреді. Соққы жұмыстары KU, KV, KT сияқты екі әріптермен белгіленеді, ал соққыға төзімділік - KCU, KCV, KCT сияқты үш әріппен белгіленеді. Бұл белгілерде соңғы әріптер кернеу-концентраторлардың символдары болып табылады.

Металдардың төмен температураларда сынғыштық бұзылуға бейімділігін бағалау үшін соққыға төзімділік сынағын кеңінен қолданылады. Бұл әдістің артықшылығы жүктеме жылдамдығының және концентрацияның әсерін ескеретін эксперименттің қарапайымдылығы болып табылады. *Суық сынғыштықты бағалау* үшін әдетте төмен температурада бірқатар үлгілер сыналады. Температураға тәуелді қисық соққы тұтқырлығын сериялық *қисық суыққа сынғыштық* деп атайды (2.29-сурет). Осы қисық сызықтарды пайдаланып, суыққа-сынғыштық температурасының шегі анықтайды. Суыққа сынғыштық шегінен төмен жұмыс температурасында металды қолдануға болмайды.

Металл өнімдерін жауапты пайдалануды жеткізудің техникалық шарттары, әдетте, осы температурада соққыға төзімділіктің ең аз рұқсат етілген шамасын анықтайды.

Суыққа сынғыштықты бағалауды, сондай-ақ бұзылған сынықтың пайдалану арқылы жүргізуге болады.

Әдіс соққы үлгілерінің тұтқыр және сынғыш сыну учаскелерінің аудандарының арақатынасын анықтауға негізделген. Тұтқыр сынықтар күлгін көлеңкелі талшықты құрылымға ие. Температураны төмендету кезінде сынудағы талшықты компоненттер саны азаяды, кристалды жылтыраған аймақтар пайда болады. Әдетте, сыни температура ретінде, құрылымның талшықты құрамдас бөлігінің үлесі 50% құрайтын температураны қабылдайды.



Бірқатар жағдайларда, тек қана

КС бұзылу әсерінен сынудың жалпы жұмысын ғана емес, сонымен қатар оның компоненттерін - жарықтардың басталу жұмысын анықтау керек $КС_3$ және $КС_r$ жарықтарын дамыту жұмыстары, ал мұндағы $КС = КС_3 + КС_r$. Жарықтың нуклеациясының жұмысы кесілген радиуска байланысты. Кесу неғұрлым өткір болса, жарықты бастау үшін сол ғұрлым аз жұмыс қажет.

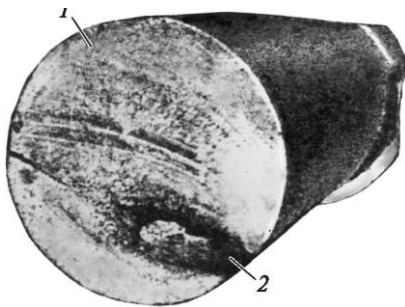
Жарықты дамыту жұмысы кесілген геометрияға аз байланысты және металдың сынғыштық бұзылуына бейімділігін жақсы сипаттайды. Әдетте оны анықтау үшін алдын-ала басталған жарықтары бар үлгілер пайдаланылады.

Дегенмен, пластмасса материалдарын сынағанда, сынық үлгідегі сыну жұмыстары икемді және көлденең макродеформацияларға жұмсалған пластикалық деформация жұмысының шамасы бойынша жарықшақтың дамуының шынайы жұмысынан асып түсетінін есте ұстаған жөн.

Осциллографтар экранынан суретке түсіру арқылы алынатын жүктеменің бұзылу диаграммаларын пайдаланып, соққыға иілу сынақтарында сыну жұмыстарын және жарықтардың өрбу жұмыстарының жұмысын анықтау ыңғайлы.

Сәйкестік соққыларының сызықтық тәуелділіктеріне байланысты кесу радиусы мен сыну бастамасының нөлдік кесу радиусы немесе сынықтары бар үлгілер үшін нөлге тең болғандығына негізделген соққылықтың компоненттерін анықтау үшін жуықтау әдісі белгілі. Содан кейін нөлдік кесілген радиуска 1 және 0,25 мм радиустағы тек екі түрдегі үлгілердің сынақ деректерін экстраполяциялау сызықты дамыту жұмыстарының мәнін береді. Соққы беріктігінің құрамдас бөліктерін анықтау бұзудың екі кезеңінде де түрлі факторлардың әсерін анықтауға мүмкіндік береді.

Төзімділікті сынау. Металдардың төзімділігі шаршау, серпімділік және ұзақ мерзімді беріктік, тозу, коррозия және т.б. сынақтарымен анықталады.



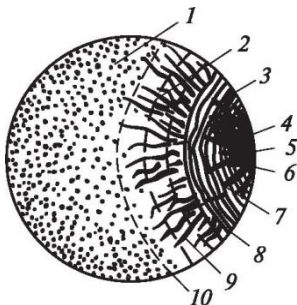
Сурет 2.30.Тозудан сынудың сыртқы көрінісі:

- 1 — прогрессивті даму аймағы;
2 — қалған сынық

Тозу сынақтары (ГОСТ 25.507—85). Шаршау - бұл айнымалы кернеулердің әсерінен металлдағы зақымданулардың күшті заң жинақталу процесі, бұл шаршау шағылыстарының қалыптасуына және дамуына әкеледі. Ноқаттар мен блоктардың әртүрлі бағытына байланысты металлдағы кернеулердің макро және микро ақаулары біркелкі бөлінбейді. Дизайн жүктемесі кезінде кейбір кернеуленген жергілікті көлемдерде уақытша кедергіден төмен болған кезде, пластикалық деформация пайда болады және о жарықтар туындайды.

Микро жарықтар біртіндеп біріктіріліп, макро жарықтарды қалыптастырады, уақыт өте олар барлық көлденең қимаға жайылады.

Шаршаудан пайда болған сынықтың сыртқы түрі 2.30. суретте көрсетілген. Шаршаудың сыну диаграммасы 2.31. суретте көрсетілген. Шаршағыштық сынықтар олардың басқа сынықтар түрлерінен айырмашылығы бар белгілерге ие. Сынықтарда бірнеше сипаттамалық аймақтарды бөлуге болады. Сыну шоғыры - бұл эмбрионалдық



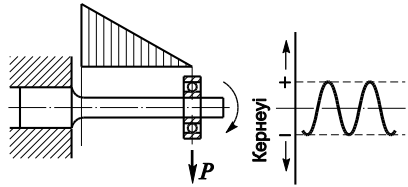
Сурет 2.31. Схемасы усталостного сыну:

- 1 — аймақ долома; 2 — участок жедел дамыту жарықтар; 3-5 — аймақ іздеген усталостного (3 — аймақ, сайлау дамыту; 4 — ошақ бұзылу; 5 — фокус сыну); 6 — баспалдақтар мен тыртықтар; 7 — пасынковые жарықтар мен қосалқы баспалдақтар және тыртықтар; 8 — усталостные сызықтар немесе жолақтар; 9 — тыртықтар; 10 — скол

макроскопиялық шаршау сынығы пайда болған және оның дамуы басталатын жергілікті аймақ. Жойылу ошағы - сынудың шоғырлану нүктесіне жақын шағын аймақ, онда бастапқы (эмбрионалдық) макроскопиялық шаршау жарылуы пайда болды. Жою ошағы аздаған жылтыр мен және тегіс бетімен сипатталады. Зақымданудың шынайы шаршағыштық аймағының зақымдануы, онда жою ошағынан орталықтан сияқты шаршау сызықтары жайылады - жарықшақты тарату майданының іздері болып табылатындығымен сипатталады. Долomit аймағы шаршау ақауларының соңғы кезеңінде қалыптасады макростар сынған белгілері бар.

Бөлме температурасында шаршау сипаттамаларын әдетте (2.32-сурет) дөңгелек айналуымен иілу туралы үлгілерді сынау арқылы анықталады.

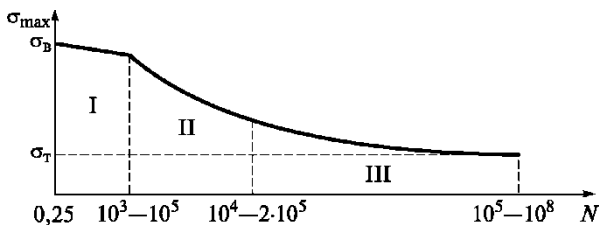
Біркатар үлгілерді Р әртүрлі жүктеме бойынша тексереді және деструктивті кернеу және тиеу циклдерінің тиісті саны анықталады.



Сурет 2.32. Шаршаудың сынақ құрылымы

Циклдің максималды $a_{\max}$ немесе минималды $a_{\min}$ таласты үлкендігінің шамасында ең үлкен немесе ең аз болып табылады. Циклдің сипаттамасы болып *асимметрия коэффициенті* қызмет етеді: $R = c_{\min}/c_{\max}$. Максималды және минималды кернеулердің теңдігінде абсолюттік мәні бойынша $R = 1$ болғанда. Бұл жағдайда цикл симметриялы және шаршау кедергісін сипаттайтын төзімділік шегі a_{-1} арқылы белгіленеді. Өнімнің жұмыс жағдайына байланысты сынақтар сынама үлгілері бойынша агрессивті медиа және кернеулік концентраторларсыз немесе онсыз симметриялық және асимметриялық циклдарда, жоғары және төмен температурада жүргізіледі.

Сынақ барысында Қисық шаршауды құрады - циклдың максималды немесе амплитудалық кернеулері (деформациялары) мен циклдің бірдей орташа кернеуінде (штаммы) сыналған бірдей үлгілер сериясының немесе сол циклдық асимметрия коэффициентінің арасындағы байланысын сипаттайтын графика қарастырылған. Циклдік кернеулердің деңгейі мен N циклдің басталмас бұрынғы цикл саны арасындағы тән қатынас үш сипаттамалы аймаққа ие (2.33-сурет). I аймақ квазистатикалық сынық аймағы деп аталады, өйткені осы аймақта сыну бір жүктеме қолданысында сынудан аз ерекшеленеді. II аймақ аз циклдық шаршауды сипаттайды, онда бұзылу пластикалық деформациямен бірге жүреді.



Сурет 2.33. Тиімді кернеулердің циклдердің санына сынуға тәуелділігі:

I - квазистатикалық сынықтар; II - төменгі циклді жою; III - көптеген-циклдық шаршау ақаулары

III аймақта бөлімде пластикалық деформацияның болмауы дерлік жүретін көп циклдық әлсіздік орын алады.

Кішкентай және көп циклдық шаршауға бөліну шартты болып табылады. Төмен циклдің шаршағышы кезінде эластопластикалық аймақта $5 \cdot 10^4$ циклына дейін, ал көп циклдық аймақта $5 \cdot 10^4$ циклге дейін немесе одан да көп жойылады деп қарастырылады.

Көлденең аймағы бар қисық шаршаулар үшін, *төзімділік шегі* s_R - метал сынбай ақ циклдің ең үлкен кернеуіне шыдайтындығы анықталады. Сонымен қатар, қисықтың құлдырау бөлігі шегінде шектеулі төзімділіктің шегі анықталуы мүмкін. Болат үшін, шыдамдылық шегі, әдетте, $N = 10^7$, түсті металдар үшін $N = 10^8$ жүктеме циклдарының санынан анықталады. Стандартты жағдайларда анықталған төзімділік шегі a_{-1} болып табылады. Симметриялық циклдегі көміртекті болаттардың шыдамдылық шегінің мәні әдетте $0,6 a_n$ құрайды.

Металдың төзімділігінің маңызды сипаттамасы сондай-ақ берілген кернеуде жұмыс істемей тұрып үлгілердің жүктеме циклдарының санымен анықталатын шаршаңқы төзімділік болып табылады.

Шаршау ақауларының үш кезеңі бар: шаршағандық жарығының пайда болуы; оның сыни мөлшерге дейін баяу өсуі; үлгінің немесе бөліктің қалған қимасының жылдам фракциясы. Шаршау шақтарының нуклеация процесі бөліктің беткі сапасына және беткі қабаттың қасиеттеріне байланысты. Өңдеудің тазалығы мен беткі қабаттың қаттылығы неғұрлым жоғары болса, соғұрлым шаршау қаупін төмен болады. Хром-молибдендік болаттың дөңгелек ұнтақтаумен және үлгілердің бетіндегі төмпешіктердің биіктіктері $0,4...0,6$ мкм шыдамдылық шегі σ_{-1} , 640 МПа жетуі, жазық тегістеуде және төмпешіктердің биіктігі $0,2, 0,4$ мкм - 790 МПа биіктікте, жылтырату және төмпешіктердің биіктігі үшін $0,05$ мкм - 820 МПа аз. Жарықтар пайда болғаннан кейін әр бір кейінгі жүктеу циклы оны бірте-бірте арттырады. Шаршағыш жарықтың өсу бағыты жүктеме сипатына байланысты. Циклдік жүктеме кезінде кернеу-қысу сызбасы кернеу бағыты бойынша 45° бұрышта бұралу кезінде, қолданылған кернеу бағыты бойынша оң жақ бұрыштарда дамиды.

Шаршау инженерлік тәжірибеде орын алған барлық апаттардың шамамен 50% -ына жауап береді.

Термиялық шаршау - деп циклдық температура ауытқуларынан болатын кернеулерден туындаған металдардың шаршағыштығын айтады. Термиялық шаршау циклдардың аз санымен және кернеудің салыстырмалы түрде жоғары деңгейімен күштіліктен ерекшеленеді.

Тоңазытқыш және криогенді технологияларда температура градиенттері және тиісті жылу кернеуі құрылыстарды жылыту немесе салқындату нәтижесінде салқындатқыш сұйықтықты толтыру немесе ағызу кезінде пайда болуы мүмкін, егер криогенді заттар цистерналардың металдың салыстырмалы жылы бетіне енсе, су,

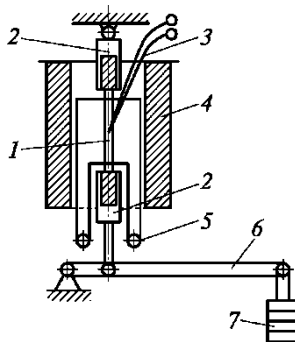
бөлшектердің термофизикалық айырмашылығына байланысты арматура әртүрлі материалдардан жасалған бөлшектерді жобалаудың бөлігі болып табылатын қасиеттер. Сыртқы жүктемелерден келетін кернеулерге термиялық кернеулердің көп қолданылуы аса қауіпті. Сонымен қатар, кейбір металлдар салқындату кезінде құрылымдық өзгерістерге ұшырауы мүмкін. Мұның бәрі бөлшектердің мерзімінен бұрын бұзылуына әкелуі мүмкін.

Серпілесті сынау (МОСТ 3248-81). Көптеген бөлшектер белгілі бір температурада ұзақ уақыт бойы жүктемемен жұмыс істеуі керек. Сонымен қатар тұрақты жүктеме әсерінен баяу металлдың пластикалық деформациясы жүзеге асырылады, бұл оның серпімді шегінен асатын кернеулерді тудырады, бірақ берілген температурада материалдың шығыс кернеуінің шегі аз. Мұндай деформация *серпіліс* деп аталады.

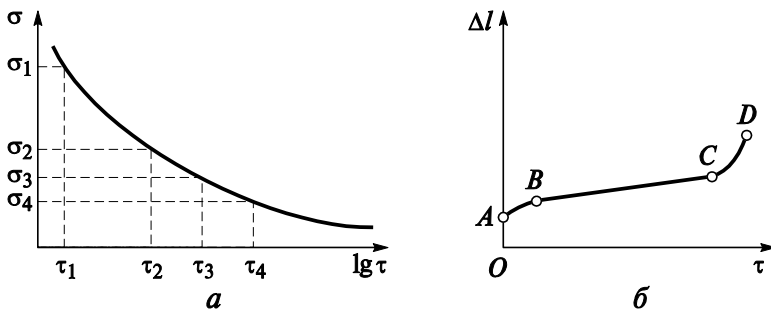
Жоғары және төменгі температура кезінде серпіліс ерекшеленеді. Жоғары температуралық серпіліс толығырақ қарастырылады. Жылытылған металдың деформациясы кезінде онда екі қарама-қарсы процестер пайда болады: жылудың нәтижесінде пластикалық деформацияны қатайту және жылыту нәтижесінде қатайту. Егер екінші үрдіс басым болса, металда диффузиялық жұмсарту процестері - демалуда, фазалардың коагуляциясында, қайта кристалдану кезінде, серпімділік дами бастайды. Егер жоғары температурада серпімділік диффузиялық процестердің нәтижесінде орын алса, төмен температура кезінде қозғалыс пен дислокацияның көбеюіне байланысты орын алады, термо белсенділік табиғатына ие және бірқатар факторларға байланысты, олардың температурасы мен металл құрылымы үлкен рөл атқарады.

Металдардың ыстыққа төзімділігінің негізгі критерийлері болып - ұзақ мерзімді беріктік шегі мен серпімділік шегі табылады. Серпімділік сынақтарына арналған қондырғының құрылысы 2.34. суретте келтірілген. Үлгіні электрлік пешке қояды, белгілі бір температураға дейін қыздырады және оған қолданылатын белгілі бір тұрақты жүктемені береді. Үлгіде пайда болған деформацияны өлшейді және бірқатар үлгілердің сынақтарының нәтижелері бойынша ұзақ мерзімді беріктік қисықтарын (2.35 а-сурет) және серпімділікті (сурет 2.35, б) құрастырады.

Ұзақ мерзімді төзімділік шегі - бұл белгілі бір уақыт ішінде берілген температурада өнімнің пайдалану шарттарына сәйкес үлгінің бұзылу кернеуін айтады. Ұзақ мерзімді беріктік шегі σ_t



Сурет 2.34. Серпімділік сынағына арналған қондырғының құрылымы:
1 - үлгі; 2 - машинаның таяқшалары; 3 - термопары; 4 - пеш; 5 - деформацияны өлшеуге арналған айна индикаторы; 6 - тұтқыш; 7 - жүк



Сурет 2.35. Қысық ұзақ беріктік (а) және жылжығыштығы (б)

арқылы белгіленеді, онда t және t тиісінше температура көрсеткіштері мен сынақ уақытын білдіреді. Мысалы, $s_{200} = 300$ МПа металдың беріктігі 200 сағат бойы 700°C температурада сыналған металдың беріктігі 300 МПа құрайтындығын білдіреді.

Қысық серпімділік төрт аймақтан тұрады. ОА аймағы жүктемені қолдану кезінде туындаған серпімді және пластикалық деформацияға сәйкес келеді. АВ аймағы тұрақсыз серпімділікті сипаттайды, онда метал біркелкі емес жылдамдықпен деформацияланады, ВС - бөлімде тұрақты серпіліс және CD аймағы жылдам бұзушылық, мойынның қалыптасуымен байланысты.

Серпімділік шегі деп - белгілі бір уақыт ішінде белгілі бір температурада берілген жалпы шиеленісті туғызатын кернеулік. Серпімділік шегі $s\ d / t$ арқылы белгіленеді, мұнда t - температура; d - жалпы ұзарту; t - уақыт. Мысалы, $s_j / 1000 = 350$ МПа 400°C сынақ температурасында 1000 сағатта 1% деформация кезінде металды серпімділік шегі 350 МПа құрайтындығын білдіреді.

Ұзақ уақыт бойы жоғары температурада жұмыс істейтін бөлшектер үшін, әдетте, серпімділік жылдамдығы процестің орнатылған кезеңінде беріледі, мысалы, 10^4 сағатқа немесе 10^5 сағатқа 0,1%.

Төмен температураларда жұмыс істейтін көптеген өнімдердің жұмыс жағдайлары олардың ұзақ уақыт бойы (10 жылдан артық) жүктеме кезінде жұмыс істеуін қарастырады. Жүйеде серпімді энергияны жеткізуді ұлғайта отырып, криогенді сұйықтықтарды сақтауға және тасымалдауға арналған резервуарлар мен ыдыстар сияқты өнімдерде серпімділігіне байланысты деформация құрылыстың жекелеген аймақтарындағы кернеулердің елеулі ұлғаюына ықпал етуі мүмкін. Сонымен қатар, төмен жұмыс температурасының әсерін ескере отырып, сынғыштықтың қаупі едәуір артады.

Төмен температурадағы серпімділік сынақтарында, қажетті температура сынаманың салқындатқыш ортада болғандығымен және тұрақты жүктеме үлгісі сынау машинасының жоғарғы немесе төменгі тартқышы арқылы үлгілендіріледі.

Қасиеттері	Стандарт бойынша белгілері		Анықтау, өлшем бірлігі
	Отандық	Шетелдік	
Икемділік модулі (elastic modulus)	E	E	Кернеуді ұлғайтудың тиісті кернеудің ұзартудағы икемді деформация көлемінде қатынасы, МПа
Физикалық ағу шегі (yield strength)	σ_T	Re	Материалдың тұрақты жүктеме кезінде ұзындығын өзгертетін кернеу, МПа
Шапартты ағу шегі (yield strength)	$\sigma_{0,2}$	$R_{p0,2}$	Кірістілік аумағы болмайтын қалдық ұзаруы бастапқы ұзындығынан 0,2% болатын материалдарға арналған кернеу, МПа
Уақытса қарсылықтық немес төзімділік шегі (tensile strength)	σ_B	R_m	Тиісті үлкен салмақта алдындағы үлгіні жою кернеуі
Қатынасты ұзарту (specific elongation)	δ	A_5, A_{10}	Бастапқы есептелген ұзындығына дейін бұзылуынан есептелген ұзындықтың ұлғайтуы бойынша арақатынасы, %
Қатынасты тарылту (reduction of area)	ψ	Z	Бастапқы аумағына дейін бұзылуынан бастапқы қима мен үлгінің көлденең қимасының ең аз аумағының арақатынасы, %
Серпімділік шегі (creep limit)	$\sigma_{0,2/100}^{700}$	$R_{0,2/100}^{700}$	Мысал: 700 ° C температурасында 100 сағат сынақта, 0,2% деформацияға себеп болатын кернеу, МПа
Ұзақ уақытты төзімділік шегі (stress-rupture strength)	σ_{1000}^{700}	R_{1000}^{700}	Мысал: 700° C тұрақты температурада, 1000 сағат сынақта металды бұзуға себеп болатын кернеу, МПа

Ерекшелігі	Стандартқа сәйкес белгілеу		Анықтау, өлшем бірлігі
	отандық	шетелдік	
Төзімділік шегі (fatigue strength)	σ_R	σ_k, τ_k	Материалдың қайта ауыспалы жүктемелердің жеткілікті үлкен санымен бұзылмай төзетін максималды кернеу, Мпа
Бринелл қаттылығы (hardness)	HB	HB	Металдағы алынған сфералық ұңғыманың бетінен, сынау материалына болат шарды басатын жүктеме қатынасы
Әсердің күші (impact strength)	KCT, KCU, KCV	KCT, KCU, KCV	Сынамадағы алғашқы ауданының үлгінің көлденең кимасында концентратордың алаңында әсер ету жұмыстары (Т — жарықтық; U — 1 мм радиусы бар кесек; V - 0,25 мм радиусы бар кесек;), Дж/м ² кесілген), J / м2

2.3. кестеде. Материалдардың негізгі механикалық қасиеттерінің отандық және шетелдік белгілері және олардың атауларын орыс және ағылшын тілдерінде көрсетеді.

Трибологиялық сынақтар. Трибологиялық сынақтарда (тозу сынақтары, тозуға төзімділік), негізгі ұғымдар тоздыру, тозу және ұтозуға төзімділігі болып табылады. Белгілі бір бөлшектер мен жинақтардың тозуы байланыстырушы материалдардың сипатымен және үйкеліс жағдайларымен анықталады.

Машина бөлшектеріндегі тозу процесіне әсер ететін көптеген факторлар келесі сынақ кезеңдерін қолдануды анықтайды:

- материалдардың физикалық және механикалық қасиеттерін күнделікті зертханалық сынау;
- зертханалық қондырғыларда үйкеліс пен тозу үшін материалдарды сынау;
- үйкеліс бірліктерінің стендігі сынақтары;
- машина бөлшектері мен механизмдерінің толық ауқымды (операциялық) сынақтары.

Материалды немесе оның белгілі бір бөлігін өңдеу әдістерінің дұрыстығын ең сенімді түрде тексеру осы өнімнің осы өнімді пайдаланудың нақты жағдайларында (далалық сынақтар) өнімнің осы бөлігін сынау болып табылады.

Мұндай сынақтар, әдетте, жаңа материалдардан жасалған немесе жаңа технологияны қолданатын бөлшектер немесе жинақтардың орындылығын бағалауда міндетті болып табылады, бірақ, өйткені олар қымбат болғандықтан, тәжірибелік қиындықтармен (сынақтың ұзақтығы, бөліктің тозуын анықтау үшін бөліктерді бөлшектеу қажеттілігі, нақты тозу мөлшерін анықтаудың қиындығы) байланысты және көп өзгермелі сынақтарды жүргізу мүмкін еместігі, бұл сынақтың түрі әрқашан алғашқы үш түрдің кез-келгенімен, ал кейде барлық үшеуімен де болады.

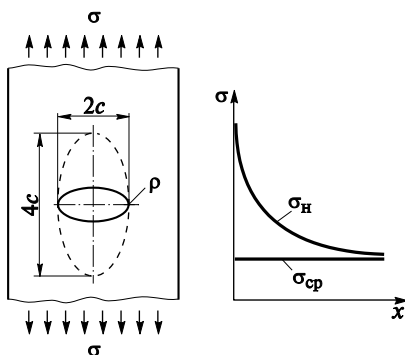
Бірінші кезеңдегі материалдардың физикалық және механикалық қасиеттерін оқып, олардың негізінде осы материалдардың тозуға төзімділігін болжау кезінде, әдетте, тозуға төзімділік пен қаттылық, тозуға төзімділік және икемділік модулі немесе қаттылық коэффициенті арасындағы сызықтыққа жақын тәуелділік бар екеніне негізделеді.

Сынақтаудың екінші кезеңінде, әдетте, осы материалдардың тозуға төзімділігіне таңдалған үйкеліс режимдерімен бірге материалдардың алдын-ала белгіленген физикомеханикалық қасиеттерінің деңгейіне әсер ететіндігін бағалайды.

Металдардың жарыққа төзімділігі және кернеу қарқындылығының коэффициенті. Механизмдерді, машиналарды және инженерлік құралдарды құрастыру дәстүрлі әдісі, материалдардың қарсыласу үрдісіне негізделген, осыдан шығып материалды ақаулары жоқ үздіксіз дене ретінде қабылдауы. Алайда мұндай мінсіз материалдар жоқ. Тіпті жүктелместен бұрын, құрылымдық материалдар шеткі кірмелер, газ кеуектілігі және өзге де үзілістер түріндегі жарықтар тәріздес ақауларға ие. Металдардағы жарықтарға ұқсас ақаулардың типтік мысалдары дәнекерленген қосылыстар мен қышқылдарды дәнекерлеу кезінде, дәнекерлеу кезінде термиялық әсер ету аймақтарында, металлдық емес қаптамалардың айналасында болат илектенуге, сондай-ақ кернеу әсерінен шаршау мен коррозия болатын жарықтар болып табылады.

Мұндай ақауларды ультрадыбыстық бақылау немесе қандай да бір басқа бақылауды бұзбайтын және сынау әдісі арқылы анықтауға болатын және сыну механикасының әдістерін пайдалана отырып, апатқа жол бермеудің ең жоғарғы мүмкіндігін алдан ала алатын максималды ақау өлшемін анықтайды. Белгілі бір жағдайларда бұл ақаулар кәдімгі механикалық сынақтарда анықталған материалдың беріктігі қасиеттерінен әлдеқайда аз жүктемелерде тіпті сәтсіздікке бастауы мүмкін. Сыну механикасының негізгі міндеті – сынудың орын алуы мүмкін жағдайларды анықтау және құрылымдық қауіпсіздік деңгейін бағалау.

Жарықтар сияқты ақаулар кернеу концентраторлары болып табылады, олар қаншалықты үлкен болса, жарықта және оның ұзындығы да соншалықты өткір болады.



Сурет 2.36. Эллиптикалық сызаттың жоғары жағында кернеудің орналасуы

Эллиптикалық жарықтың жоғарғы жағындағы номиналды кернеулер (2.36-сурет) мына формула бойынша анықталады

$$\sigma_n = \sigma_{cp} (1 + 2\sqrt{c/\rho}) \approx 2\sigma_{cp} \sqrt{c/\rho}$$

мұндағы σ_{cp} – орташа қолданылатын кернеу; c – эллипстің (сызаттар) үлкен жартылай осының ұзындығы; ρ – эллипстің жоғарғы бөлігіндегі радиусы (сызаттар). Демек, кернеу концентрация-сының коэффициенті $k = 2$

Жеткілікті өткір және ұзын сызаттар болған жағдайда, шығында орналасқан кернеу әл түсетін мәндерге, тіпті салыстырмалы түрде мүмкін. Сынды бастау үшін, бөліктің көлденең іктік мәндеріне жетудің қажеті жоқ. Жарықтар

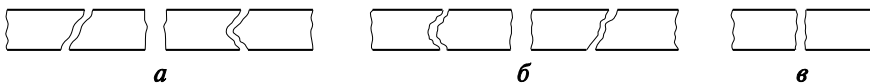
тарала бастауы үшін, оларды тек ақаулықтың жоғарғы жағында ғана жасау жеткілікті.

Пластикалық деформация болмаған жағдайда, $\sigma\sqrt{c}$ өнімі осы материал үшін тұрақты мән болуы керек. Бұл жұмыстың тұрақтылығы әр түрлі шыны түтіктердің ішкі гидравликалық қысымымен оларға гауһар тастармен түрлі ұзындықтағы сызаттар салу арқылы Алан А.Гриффит сынақ өткізді. Барлық жағдайларда $a\sqrt{c}$ өнімі тұрақты болып қалды, бұл А.А. Гриффит қорытындысының әділдігін дәлелдеді. Квартидті сынықтардың механикасы кезінде жаңа параметр – *кернеуліктің қарқындылық коэффициентін* K Джордж Р. Ирвин енгізді. Бұл параметрді пайдаланудың артықшылығы оны эксперименттік анықтау мен оның тиімділік күшін есептеулерде ауыстыру мүмкіндігі. Алдын ала инженерлік есептеулерге негізделген конструкциялардағы үзіксіз материалдардың әркетін болжау мүмкін болды.

K параметрінің физикалық мағынасы, әсіресе оның ерекше өлшемі бойынша, қабылдау ұзағынан қиындық туғызады: ұзындығының шаршы түбірімен көбейтілген кернеуі. K -ның кернеу өрісінің сызат алдындағы қарқындылығын сипаттайтын коэффициент екенін түсіну маңызды. Кернеудің қарқындылық коэффициенті K магниттік немесе электр өрісінің кернеулілігінен салыстыруға болады:

$$K = \sigma\sqrt{\pi c}$$

Мұндағы a — орташа кернеу; c — сызаттың жартылай ұзындығы. 86



Сурет 2.37. Сыну вицалары:
a — ауысумен; *б* — бөлшекті ауысумен; *в* — қалыпты кернеулерден

Осыдан, K өлшемі МПа • м^{1/2} бір өлшем шкаласына ие.

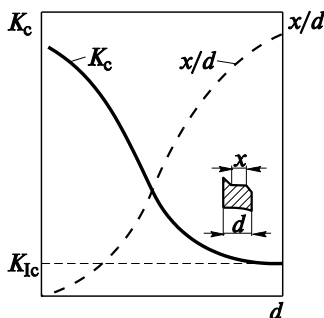
Жарықтың тұрақсыздығы K коэффициенті сыни кернеу қарқындылығы коэффициентінің мәніне жетуі әдетте *сынудың беріктігі* деп аталады. K_{Ic} өлшемі сыну механикасындағы материалдың ең маңызды сипаттамасы болып табылады және сыну сәтінде кернеулердің үлкендігін байланыстырады және жарықтардың сыни мөлшеріне қатысты екенін көрсетеді.

Түрлі қалыңдықтардың үлгілері үшін сынудың әр түрлілігі мүмкін (2.37 сурет): жылжумен, бөлшекті жылжумен, қалыпты кернеулерден. Сыну қатандығы қалыпты және көлбеу (күлдырау) бұзылу аймағын дамытуда салыстырмалы түрде анықталады. Жеткілікті жоғары беті бар қалың үлгілері үшін сыну төзімділігінің шектік мәніне K_{Ic} , тегіс пластинадағы конфигурациядағы сыну төзімділігіне жақындайды. Осы үлгінің қалыңдығынан бастап K_{Ic} коэффициенті іс жүзінде өзгермейді және материалдың константасы болып табылады (2.38-сурет). Осылайша, K_{Ic} – бұл *жазықтық деформация үшін кернеу қарқындылығының сыни коэффициенті*, егер сыну аралас (тікелей және көлбеу) немесе тікелей үзілісте болған кездегі. K_{Ic} коэффициенті сондай-ақ кернеу қарқындылығының коэффициенті, сынықтың тұтқырлығы, сызаттарға төзімділік деп атауға болады.

K коэффициенті материалдың константасы емес, яғни, үлгінің өлшеміне байланысты. Жазық деформация үшін кернеу қарқындылығының сыни коэффициенті K_{Ic} үлгінің геометриясына тәуелді емес және материалдың константасы болып табылады.

K_{Ic} коэффициенті – қатаң сынақ жағдайында анықталған шектік сипаттамаға ие, ол үшін үлгілік қалыңдығының артуының өлшемі бойынша K байқалады.

K_{Ic} – бұл өте қауіпті ерекшелігі болғандықтан, оның қолданылуы жеткіліксіз негізделген жағдайлар болуы мүмкін, мысалы, егер K_{Ic} анықтау үшін материалдың қалыңдығында жұмыс істеу қажет болса. Жіңішке парақты конструкцияларды жою жазықтықта күйзеліске ұшыраған жағдайда жүзеге асады. K_{Ic} -ті ақаулы сипаттамасы ретінде пайдалану аздағ қалыңдықта қанағаттанарлық жұмыс істеуге



Сурет 2.38. Сыну тұтқырлығының K_c үлгі қалыңдығына d тәуелділігі

болатын жарымды болуы ықтимал материалдардың ақаулануына алып келуі мүмкін.

Сыну тұтқырлығының сипаттамаларын білу белгілі бір ұзындықтағы сызаттар болған жағдайда құрылымдағы барынша рұқсат етілген кернеулерді анықтауға мүмкіндік береді. Қолданылған кернеулер K_{ic} көмегімен табылған бұзу кернеуінен төмен болуы керек. Сонымен бірге, берілген қосымша кернеу үшін ақаулықтың сыни өлшемін анықтаумен және металлдағы бастапқы ақаулардың максималды өлшемімен салыстыруымен байланысты басқа мәселені шешуге болады.

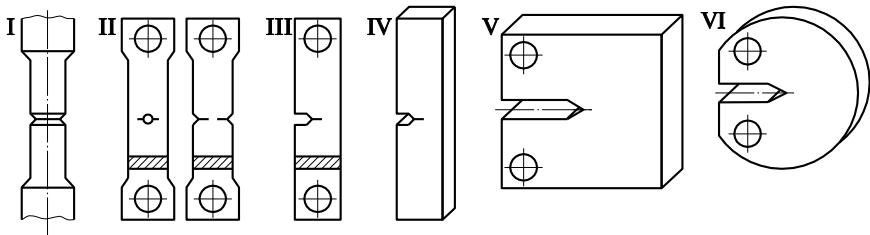
Жақсы механикалық сипаттамалары бар материалдар жарықтар дамуына төтеп бере алмайтын болғандықтан жарамсыз болуы мүмкін. Егер металлдың дефектоскопиясы кезінде жарықшалардың ұзындығы сыни мәннен аз болса, онда конструкцияның тәндік сипатын бағалау үшін, оның жұмыс жағдайлары сызаттардың пайда болуына әкеліп соға алу мүмкіндігін анықтау керек. Циклдық жүктемелер, коррозия, сутектің бітелуі және т.б. сияқты факторлар әсерінен аз сыни ұзындықтағы сызаттардың таралуы мүмкін.

Сынықтың төзімділігін сынау (МОСТ 25.506-85). Жарықшақты дамыту немесе сыну тұтқырлығына арналған статикалық, динамикалық және циклдік кедергісі сынақтары келесі жалпы тәртіпке дейін азаяды. Белгілі бір пішін мен өлшемнің үлгілерінде жасанды жарықтарды енгізеді. Содан кейін, үлгілер жүктің бір мезгілде жазылуымен және жарықшақтардың жылжуымен жүктеледі.

Статикалық жүктеме кезінде сынудың беріктігін анықтауға арналған келесі негізгі үлгілердің түрлерін ажыратады (2.39-сурет):

I - осьтік шиеленіс және иілу үшін сынаққа арналған сақиналы шағылысқан және сынған цилиндрлік үлгі;

II - осьтік шиеленісті сынау үшін орталық сызық немесе симметриялы шеттері бар сызықты үлгілер;



Сурет 2.39. Статистикалық кернеу кезінде сыну тұтқырлығын анықтауға арналған үлгілер түрлері (I—VI)

III - жалпақ бір жақты кескішті және созылмалы сынау үшін жарықтары бар жалпақ үлгі;
IV - жалпақ үлгісі, шоғырланған икемді сынақ үшін бүйір шағылысуы және сынуы;
V - Орталықты емес созылу үшін сынаққа арналған бір жақты қырлы шаршағыштық сызаты бар үлгісі;

VI - бір жақты кескінделген дискілік үлгі және эксцентриялық созылу үшін сынауға арналған жарықтар.

Сынықтың сипаттамаларын анықтау үшін үлгілердің пішіні мен өлшемдері сынақ мақсатына, дайындықтың мақсаты, өлшемі мен нысанын, материалдың беріктігі мен төзімділігін және оның жұмыс істеуінің температуралық жағдайларын ескере отырып таңдалады.

Қуатты, деформациялы, жойылудың энергетикалық критерилерін ажыратады. Кернеу қарқындылығы коэффициенттеріне сыни мәндеріне K_c , K_{lc} жатады; деформацияларға – сызаттардық сыни ашылуы S_c және деформацияның қарқынды коэффициенті K_{cs} ; энергиялыққаа - ашу G_c , G_{lc} біртұтас бетіне жарықшақтардың таралуының нақты энергиясы. Негізгі критерийлер ретінде K_c және K_{lc} критерилері ұсынылады. K_c немесе S_c анықтау кезінде құрылымдық элементтің қалыңдығына тең қалыңдығы бар үлгілерді қолдану ұсынылады. K_{lc} анықтаудың дұрыстығы үлгілердің өлшеміне байланысты.

Шаршағыш сызаты сынамадағы циклдық жүктемені қолдану арқылы бастапқы сызықтан жасалады. Эксперимент кезінде үлгідегі жүктеме туралы деректер автоматты түрде жазылады және сызаттың өсуі. Бұл жағдайда сызаттың секірісінде үлгіге жүктемені дұрыс анықтау маңызды. Жарықтандырудың өсуі туралы деректер деформация өлшеуіштері бар штамм көмегімен анықталады. Деформациялық өлшеуіш үлгіде немесе үлгіге арнайы бекітілген бекітпе арқылы орнатылады.

Сызаты бар үлгіні дайындап солған соң, оны сынау машинасына орналастырады және оны үздіксіз жүктелуін жүзеге асырады, диаграмма жазбасының жүктемесімен бірге – қиманың шеттерін араластыра отырып. Үлгілерде жайпақ деформация жағдайында союды қамтамасыз ететін қалыңдығы болуы керек. Зақымдалған үлгілер үшін қалыңдығындағы деформацияның болмауы сай, сынған кезде «кесілген ерні» немесе жиектің қатып кетуі болмайды.

Сәйкесті деформация жағдайында сынудан соққылықты сынаудың негізгі кемшілігі төмен және орташа беріктік металдарын зерттеу кезінде үлкен үлгілерді қолдану қажеттілігі болып табылады. Мысалы, болаттың үлгілері 20 с $a_{0-2} = 280$ МПа, қалыңдығы 250 мм-ден артық болуы керек. Үлгілердің бүйір бетінде қосымша өткір кесіктерді қолдану үлгілердің өлшемдерін 2 еседен астамға азайтуға және төменгі

беріктігі бар болаттар үшін K_{Ic} сенімді мәндерін алуға мүмкіндік береді. K_{Ic} анықтау үшін осындай әдіс өте жақсы дәлелденген ықшам үлгідегі өлшеу деректерінен жоғары сәйкестікті иеленеді. Ұшақтың ұшында жазықтықтың деформациясының жағдайына сондай-ақ үлгілік материалдың бүйірлік беткі қабаттарының гибридтері арқылы қол жеткізуге болады.

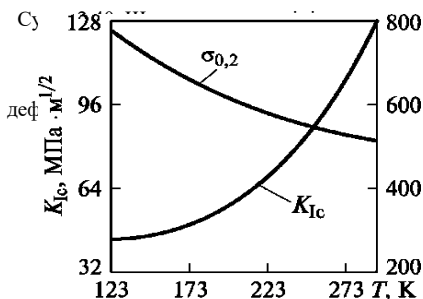
Сынғыштыққа бейімділік үрдісі сыртқы және ішкі факторлардың бірқатар әрекеттерімен анықталатыны, белгілі. Осы факторлар сыну төзімділігіне әсер етеді.

Сыну тұтқырлығы a_t және a_n материалдардың төзімділік көрсеткіштерімен тығыз байланысты. Төзімділіктің жоғарылауы икемділік пен сыну соққысының төмендеуімен бірге жүреді. Бұл өте күшті материалдардың бұзылу кезінде жұтылудың төмен энергиясы бар екендігі түсіндіріледі, оның деңгейі жарықтың ұшында пластикалық деформацияның шамасымен анықталады. Жоғары берікті материалдар үшін күшейген күштің әсері біркелкі болып келеді икемділікті азайтады, нәтижесінде сынудың қатандығы болады азаяды.

Бөлме температурасында орта және төмен берікті материалдар әдетте жоғары төзімділікке қарағанда аса жоғары K_{Ic} мәндеріне ие. Температураның төмендеуімен, әсіресе, ККО және ГТО кристалдық торлары бар қорытпалар үшін жағдай өзгереді. Температура төмендегенде, беріктік артып, белгілі бір жағдайларда орташа және төмен берікті материалдың сапасы бөлме температурасында жоғары берікті материалдың сапасымен бірдей болады. $a_{0.2}$ және K_{Ic} тәуелді температурасының сипаттамасы төменгі қосылған болат маркаларының біреуі үшін 2.40. суретте келтірілген. Болат бөлме температурасында K_{Ic} жоғары мәніне ие, бірақ температура төмендеген кезде, K_{Ic} мәні күрт төмендейді. Ауыспалы механизм арқылы тұтқыр бұзылу төменгі энергияға негізделеді. Температура төмендеген сайын, пластикалық деформацияның шыдамдары артады. K_c коэффициенті материалдың

кішкентай қалыңдығына қарай K_{Ic} -ге ауысады. Сондықтан төмен температураларда сыну тұтқырлығының сынағын аз мөлшердегі үлгілермен жүргізуге болады.

Поликристалдық материалдық нөкат мөлшерімикрқұрылымның негізгі параметрлерінің бірі болып табылады.



Ноқаттың мөлшерін азайту металдың бір уақытта тұтқырлығын және беріктігін күшейтуге мүмкіндік береді. Сондықтан ноқат ұсақталған кезде қасиеттердің күрделі индексі көбейеді, яғни сынудың беріктігі сол болып табылады. Металлургиялық үрдістерді бақылау және технологиялық әдістерді қолдану, әсіресе, болаттың деоксидациясы, жылжымалы қабаттың температурасын төмендету, термоциклдеу және термо механикалық өңдеу, ноқаттың майдалануына көмектеседі, бір мезгілде сыну соққысын көбейте алады. Легирленген элементтердің сыну қаттылығына әсері шартты түрде олардың ноқат мөлшеріне әсер етеді. Ноқаттың майдалануына ықпал ететін элементтер, сынықтың тұтқырлығын арттырады, ал қатты ерітінділерді катаятатын элементтер, керісінше, сыну соққысын азайтады. Нитрит пен карбид құрайтын элементтерді: ванадий, ниобий және титан енгізу кезінде ноқатты ұнтақтауға қол жеткізу әсерлі жүреді. Деоксидация үшін алюминийді пайдалану тыныш болаттарда қайнаған және жартылайтыныштыққа қарағанда аса майда ноқаттарды алуға мүмкіндік береді.

Сынықтың қатандық параметрлерін білу құрылымның сенімділігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Бұл, әсіресе, жоғары беріктігі бар жаңа материалдардың бұрын қолданыста болмаған жобаларда қолданылатыны және өнімдердің қауіпсіздігі міндетті түрде қамтамасыз етілуі керек. Сол себептен, сызықтық сыну механикасының авторларының бірі Дж Р Ирвин осы пәнге мамандарды шұғыл даярлау қажеттігін көрсетеді, өйткені «жаңа құрылыс жасау құрылысшылардың білім берудегі барлық кемшіліктерді жойып сирек күтіледі».

Төмен температураларда механикалық қасиеттерін сынау ерекшеліктері. Механикалық сынақтар жүргізудің температуралық тұрақтылығы нақты машиналарда және құрылымдардағы материалдардың жұмыс жағдайына барынша жақын болуы керек. Төмен температурадағы сынақтар осындай бөлме температурасындағы сынақтарға қарағанда күрделі. Оларды жүргізу алдында үлгілерді тоңазытқыштармен мен криостаттарда салқындату қажет, үлгілердің температурасы мен деформациясын өлшеу үшін арнайы құралдарын қолдану. Салқындату арнайы хладагент, қайнау нүктесі төмендегілер К (° С) арқылы жүзеге асырылады

Аммиак.....	240 (-33)
Көмір қышқыл газы.....	195 (-78)
Метан.....	112 (-161)
Оттегі	90 (-183)
Аргон.....	87 (-186)

Сынақ кезінде 203 К (-70 ° С) температураға дейін хладагента ретінде, яғни, климаттық суықтың температурасына дейін, қатты көмірқышқыл газын (кұрғақ мұз) метанол немесе этил спирті бар қоспаны қолданады

Азот.....	77 (-196) 27
Неон	(-246) 20 (-
Сутегі.....	253) .. 4 (-
Гелий....	269)

77 К (-196 С) дейін сыналған кезде, әдетте, таза азот немесе оның буы пайдаланылатын сұйық хладагент болып табылады. Мұндай салқындатқыш жүйелер салыстырмалы арзан және ыңғайлы.

Әдетте 77 К төменгі хладагента ретінде сұйық сутегі мен сұйық гелия қолданылады. 20 К (-252 ° С) қайнау температурасы бар сұйық сутегінің қолданылуы өте қиын. Ауадағы сутегі жарылғыш және өрт қауіптілігінің шоғырлануы кеңінен - 4,6-дан 76% -ға дейін өзгереді. Ашық кеңістіктегі ауа сутегі қоспасының жарылысы, ең алдымен, 30 ... 40% сутегі бар. Сұйық сутегі бар жүйеге ауа кіргенде, ол детонация мен жарылысқа ықпал ететін қатты шөгінділерді қалыптастырады...

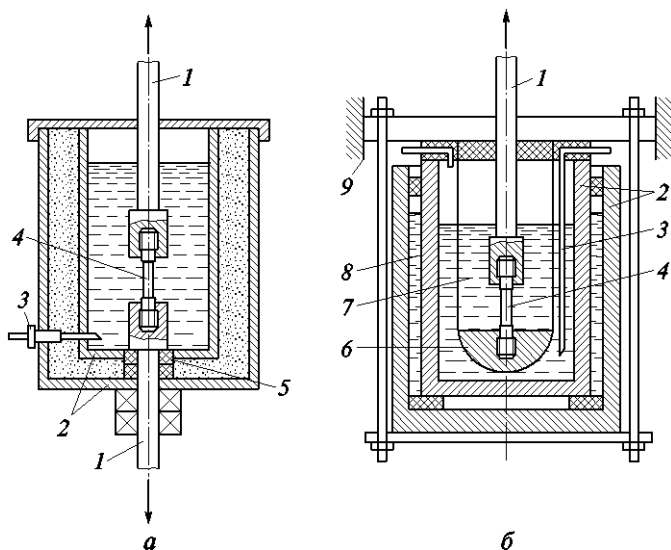
Сұйық гелий төмен температурада сынау үшін толықтай қауіпсіз, бірақ ол сутектен әлдеқайда қымбат. Бұл газ тәріздес гелийді жинау, тазалау және қайта пайдалануды кешенді ұйымдастыруды талап етеді. Сұйық гелиймен жұмыс істеген кезде жылуды қорғаудың күрделілігіне байланысты әдетте сынақтар үшін кішкене үлгілер мен шағын криостаттар пайдаланылады. Үлгіні деформациялауды беретін тензометрлерді пайдалану криостаттың жылу оқшаулауын қиындататындығын ескере отырып, деформация есебі әдетте үлгідегі жұмыс бөлігінен емес, криостаттан тыс шыбықтан жүргізіледі.

Температураны 153 К (-120 °С) дейін өлшеу үшін сұйық шыны термометрлер қолданылады. Термометрлік сұйықтықтар есебінде сынап, спирт, пентан қолданылады. 153 К-ден төмен температура кезінде өлшеу үшін қарсылық термометрлері мен термопарлар қолданылады.

Созылуға статистикалық сынақтар. Үлгідегі қажетті температура шарттары криостат көмегімен сыналады. Құрылымдық ерекшеліктерге сәйкес, созылмалы сынақтарға арналған криостаттар екі топқа бөлінуі мүмкін (2.41-сурет). Бірінші топқа т екі жақты элементтерін күштейтін кірістері бар криостаттар кіреді, екінші топқа кері түрдегі криостаттар, яғни кері тарту жазбасы бар криостаттар кіреді.

Екі жақты тартылған кірістері бар криостаттар (2.41-сурет, а) қарапайым жезден жасалған құрылғыға ие немесе қабырғалы жұқа айналмамен немесе көбік пластик оқшаулағыштары бар ауспенитикалық болат ванналары. Олардың қолайсыздығы - бұл криостаттан шыққан екі қуат мұнарасы жылу ағынын ұлғайту көзі болып табылады, бұл салқындатқыш сұйықтық ағынын арттырады. Осы типтегі криостаттарды әдетте 77 К-ге дейін сынақтарда қолданылады.

Қайта қалпына келтірілетін түрдегі криостат (2.41-сурет, б) жылу ағындарын азайтуға мүмкіндік береді.



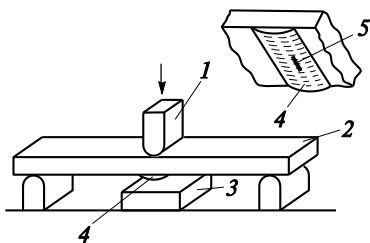
Сурет. 2.41. Созылу сынақтары үшін криостаттардың құрылымы:

а - екі жақты тартқыштық енгізуімен; б - кері түрдегі; 1 - жүктеме шыбықтары; 2 - жылу оқшаулағышы бар екі қабатты қабатты камера; 3 - сұйық хладагентті енгізу; 4 - сынақ үлгісі; 5 - тефлон тығыздығы; 6 - тірек түтікшесі; 7 - сұйық сутегі немесе гелия; 8 - сұйық азотпен экранды; 9 - сыртқы камера корпусы

Үлгі төменгі тұтқасы бекітілген тірек түтікшесі мен үлгінің жоғарғы тұтқасына қосылған түтіктің ішінде орналасқан жылжымалы штангамен жүктеледі. Сұйық гелиядағы сынақтар жұмыс камерасының жылу оқшаулауын және оның мұқият тығыздалуын қамтамасыз ететін қосымша шараларды талап етеді. Сұйық азотпен салқындатылған вакуумдық жейделер мен экрандарды оқшаулауды күшейту. Криостаттың жұмыс камерасына қараған экрандардың хромдық беттерін айнадай етіп жылтыратылады. Бірнеше үлгілерді хладагентті қайта толтыру арқылы сынауға мүмкіндік беретін, зарядтау құрылғысы бар кристалдар қолданылады.

Арнайы сынау әдістері. Құлдыраушы жүктемені сынау. Іс жүзінде, көптеген елдерде құлдырау жүктемелерінің сынақтары кеңінен қолданылады. Сынақтарды арнайы екі типтегі DWTT үлгілері бойынша жүргізеді. Үлгінің бірінші типі (Баттел үлгісі) өнімнің табиғи қалыңдығы арқылы жасалады және кейде қысылмалы, өткір кескіштерге ие. Бірқатар үлгілерді түрлі температураларда сынайды. Бағалау сынықтағы компоненттің белгілі бір үлесін алудың сыни температурасында жүргізіледі.

Үлгілердің екінші типі (2.42-сурет) Уильям С. Пеллини мен Питер П.Пьюзакпен ұсынылған. Үлгілерде қалыңдығы 12,7...25,4 мм, ұзындығы шамамен 360 мм, ені 89 мм ие. Сынаманың ортасында нәзік дәнекерлеу жүргізіледі, содан кейін бастапқы сәтте сынғыш жарықтың



Сурет. 2.42. Құлдырау жүгін сынау құрылымы:

1 – құлдырау жүгі; 2 - үлгі; 3 - тіреуіш пластина;

4 - түбіндегі дәнекерленген тігіс үлгідегі жағы; 5 - кесу

басталуын жүктеме арқылы қамтамасыз ету үшін. Сынақ әртүрлі температурада осы материалдың бірқатар үлгілерінің құлдырау жүктемесімен әсер ету жүктемесі арқылы жүзеге асырылады. Оқиға түсетін жүктің энергиясы материалдың шығымдылығының беріктігіне және үлгі өлшеміне байланысты 320 ... 1740 Дж құрайды. Үлгіде арнайы тірек плитасы орналастырылып, оның иілуін шектейді. Бірқатар үлгілерді жүктегеннен кейін сынықтың үлгідегі барлық көлденең атура анықталады, төзімділіктің нөлдік (NDT – п табылады. Бірқатар елдерде бұл температура

ығш беріктігін бағалау үшін 356 x 356 мм толық қалыңдығы бар плиталар пайдаланылады, бір жағында дәнекерленген қимасы бар сынығыш орамаға ие. Пластинаны дөңгелек матрицаға орналастырылады және тақтайшаның үстіндегі кішкене қашықтықта жарылыс жасалады. Кеңейтетін газ қысымының әсерінен пластина деформацияланады. Материалдың тұтқыр сипаттамасын тән бөртпе пайда болады. Нөлдік иілгіштік және төменгі температура кезінде пластиналар бөртпеленбей жойылады. Тамшы және салмақ сынақтары бойынша анықталған температура критерийлері қолданылатын деструктивті кернеулердің әртүрлі дефект мөлшерімен нақты бөлшектерге (кемелер, құбырлар және т.б.) температураға тәуелділігін көрсететін жартылай эмпирикалық Пеллин-Пьюзак жою диаграммаларын салу кезінде кеңінен қолданылады.

Сызатты тоқтатуды сынау. Мұндай сынақтарды кең дәнекерлеу плиталарына, бүйірлік кескіштері бар ең пластиналарда және т.б. жүзеге асырылады. Сынақтар жергілікті немесе біртекті градиент температурасы бар созылу кернеулері жағдайында жүзеге асырылады. Изотермиялық сынақтар да жүзеге асырылуы мүмкін. Әртүрлі әдістер (Робертсон, ESSO, екі жақты созылу) бір-бірінен үлгілер түрімен және кернеу концентраторымен, сондай-ақ бағалау критерийлерімен ерекшеленеді: сызатты тоқтау температурасы; сызат толығымен 120 МПа кернеуде көлденең қимасы арқылы өтпейтін температурасы және т.б.

2.43. суретте. Робертсон сынағы үшін үлгі көрсетіледі. Үлгі жұмыс бөлігінде проекцияға ие, онда тесік бұрғыланған және кішкене ашық кесу жасалынған. Үлгі жақ беті сызылған,

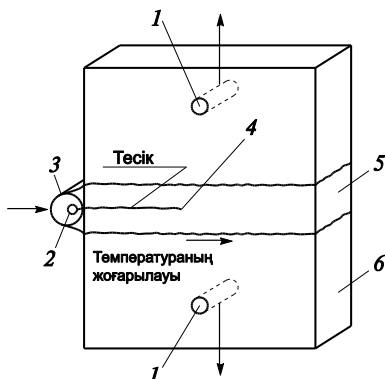
ол арқылы соғу жүзеге асырылады, әдетте сұйық азотпен салқындатылады, ал қарсы жағы газ қыздырғышымен қыздырылады. Бұл үлгінің ені бойынша температураның градиентімен жасалады. Үлгі кернеу жүктемесімен жүктеледі, соққы беріледі және түсірілген сызаттың тиісті температураның шекарасы белгіленеді. Изотермиялық сынақ жағдайында бағалау әр түрлі температура мен кернеулер деңгейіне қарай «сызат жүруде – сызат тоқтады» түрінде беріледі.

Сынығыш сынықтарды тоқтату сынағы ең ауыр сынақтардың бірі болып табылады. Бір және ол материал үшін, жарықтың тоқтау температурасы, әдетте, нөлдік пластика темп сынағы құлдырау жүктемесімен салыстырғанда 1 — жүктеу штифтері; 2 — жұқа кеспе; 3 Сызаттарды тоқтату үшін сынақ өткізгенде, — соққы жасаған орын; 4 — сызаттық материалдың парағының қалыңдығына сыналады, тежелу нүктесі; 5 — дәнекерленген секция; 6 — негізгі пластина

Арнайы сынақ әдісі айтарлықтай қызығушылық тудырады, бірақ оларды өткізу үшін қуатты сынақ құралдары болуы керек. Сондықтан, табиғи қалыңдықтың плиталарының ең қызықты сынақтары өте қымбат. Осы сынақтардың нәтижелері мен соққылықтың стандартты сынақтары арасындағы корреляцияны табу әрекеттері жеткілікті тұрақты нәтижелерге әкелмейді.

Нақты жұмыс жағдайында өнімдерді табиғи сынау көбірек көрсеткіш береді. Дегенмен, табиғи сынақтар жүргізу, әсіресе төмен температураларда, елеулі техникалық қиындықтармен байланысты. Төмен температураларда қолданылатын техникалардың орындалуы туралы, әдетте, өнімнің жұмысқа қабілеттілігін қадағалау нәтижесінде жинақталған статистикалық деректерден бағалау қажет.

Деструктивті емес бақылау әдістері. Бланктер мен дайын өнім сапасын бақылау металлургиялық және машина жасау саласының ажырамас бөлігі болып табылады. Қазіргі уақытта өндірісте деструктивті емес бақылау әдісі кеңінен қолданылады, ол машина жасау өнімдерінің сапасын негізгі тұтыну қасиеттеріне кедергі



Сурет 2.43. Робертсон бойынша сызаттардың тежелуін сынау құрылымы:

келтірместен және пайдаланудағы жарамдылығын сақтауға мүмкіндік береді.

Деструктивті емес бақылаудың қолданыстағы құралдары олардың мақсатына сәйкес келесі топтарға бөлінеді:

- өнімнің материалының үзілуі түріндегі кемшіліктерін анықтау;
- өнімдердің материалдарының құрылымын бағалау;
- өнімдердің геометриялық параметрлерін бақылау;
- өнімдердің материалдарының физикалық және механикалық қасиеттерін бағалау.

Бақылау принципі бойынша оптикалық, магниттік, акустикалық, сәулелену, радио толқынды бұзылуды зерттеу әдістерін, капиллярлық дефектоскопия, ағымды ток әдісі, ағып кетуді сынау әдістерін ажыратады. Металдар мен өнімдерді кемшіліктерді анықтаған кезде үздіксіз бақылауға арналған, мониторинг жүргізуге мүмкіндік беретін *визуалды-оптикалық, капиллярлық, магниттік, ток-қисықтық, ультрадыбыстық және радиациялық әдістер* қолданылады.

Машина жасау өнеркәсібінде басқарудың келесі түрлері пайдаланылады: операциялық, үздіксіз, іріктеу, енгізу және қабылдау. *Операциялық бақылау* - жартылай фабрикаттар мен бұйымдарды белгілі бір технологиялық операциялар аяқталғаннан кейінгі бақылау, мысалы, термиялық өңдеу, дәнекерлеу, механикалық өңдеу және т.б. *Үздіксіз бақылау* - бір көлемде жүргізілетін және бірыңғай әдістерді қолдана отырып, өндірістің әр бірлігін басқару. *Таңдамалы бақылау* - үлгілердің тобынан немесе жеке үлгілердің партиясының өнім ағынының бақылауы. *Енгізуді бақылау* - өндірушілерден (басқа кәсіпорындардан, меншікті дүкендерден және алаңдардан) кәсіпорын тұтынушыларына келетін материалдарды, компоненттерді және дайын өнімді бақылау. *Қабылдауды бақылау* - дайын өнімді бақылау, оның негізінде пайдалану немесе жеткізу үшін оның жарамдылығы туралы қорытынды жасалады.

Капиллярлық кемшіліктерді анықтауға капиллярлық сұйықтық қасиеттерін пайдалануға негізделген, бұзылыссыз сынау әдістері кіреді және ашық көзге көрінбейтін материалдың үзілімі түріндегі беткей ақауларын анықтауға арналған.

Беттік ақаулары жоғары оптикалық (түс және жарықтық) контраст және индикаторлық суреттердің пайда болуымен анықталады және ақаулардың ашылу енінен асатын сызықтың ені.

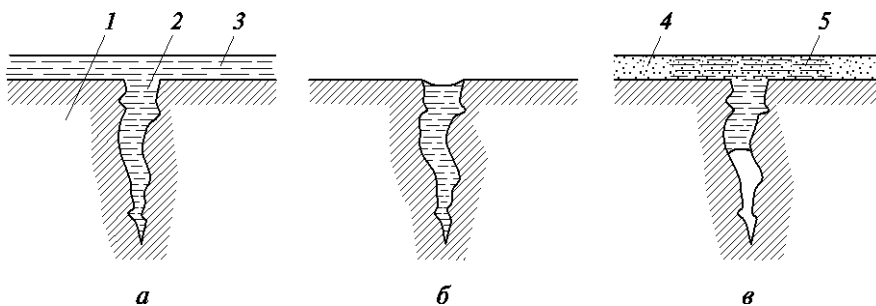
Бақылау процесінде капиллярлық күштер әсерінен беткі ақаулардың қуысына енетін өнімге еніп кететін сұйықтық қолданылады. Өнімнің бетіндегі артық сұйықтық алынып тасталады. Ақаулардың өзі ақаулардың қуысына еніп кеткен сұйықтықты табу арқылы немесе ақаулар пайда болған орындарда сұйықтықта және

суспензияланған ұнтақ сұйықтығында бөлшектерінің жинақталуымен анықталады. Бірінші жағдайда, ақаулардың қуысына енген сұйықтық құрылғының бетіне қолданылған сұйықтықты сіңіріп, индикаторды қалыптастырғаннан кейін анықталады және суреттің көрінуін жақсартатын фон жасайды (2.44-сурет). Екінші жағдайда ұнтақты жинақтау дамып келе жатқан ұнтақсыз анықталады.

Әзірлеуші қолданылған кезде анықталатын индикаторлық суреттер оларға түсетін жарық сәулелерінің селективті сіңіруі (көрсетілуі) арқылы анықталатын бояуға ие болады немесе күшті түс контрастын қамтамасыз ететін ультра күлгін сәулелерде люминесцирленеге ие болады. Нәтижесінде, бұл сызбаларды оңай және сенімді түрде анықтауға және олармен бірге кемшіліктерді анықтауға болады.

Капиллярлық ақауларды анықтаудың негізгі әдістері индикаторлық үлгінің сипаттамаларына және оның көрінуін анықтайтын оптикалық қасиеттерге сәйкес жіктеледі (2.4 кесте).

Жарықтық әдісінің бір түрі - бұл керосин немесе керосин майының үлгісі, ол гидравликалық және отын жүйелеріндегі цистерналарда және құбырларда ағып кетуді іздестіру үшін өнімнің герметикалығын бақылау үшін кеңінен қолданылады. Осы үлгідегі енуші сұйықтық ретінде керосин, сұйық май немесе олардың қоспасы пайдаланылады, ал әзірлеуші ретінде – құрғақ ұнтақ түріндегі бор, су суспензиясы (беттік-белсенді қоспалармен) немесе органикалық еріткіштерге негізделген суспензия түрінде болады. Тегіс сұйықтық бор қабатына түсіп, оны күндізгі уақытта көруге болатын етіп қараңғылануды тудырады.



Сурет 2.44. Бөлшектерді капиллярлық әдіспен қолдану құрылымы:
 а - жарықшаның қуысы еніп кететін сұйықтықпен толтырылады; б - сұйықтық жойылады
 бөлігінің бетінде; в - әзірлеуші қолданылады, сызат анықталады; 1-де-
 тал 2 - жарықтық қуысы; 3 - еніп кететін сұйықтық; 4-әзірлеуші; 5 -
 Breakout индикаторы

2.4. Кесте. Индикаторлық суреттердің сипаты бойынша капиллярлық ақауды зерттеудің негізгі әдістерінің жіктелуі

Капиллярлық ақауды зерттеу әдісі	Индикатордың сипаттамалары мен оптикалық қасиеттері
Жарықтық (ахроматикалық)	Ахроматикалық, қара немесе сұр, тек жарықтылықтың фоны бар және күндізгі жарықта көрінеді
Түрлі түсті (хроматикалық)	Түрлі түсті және жарықтық контрасты фоны бар және күндізгі жарықта көрінеді
Люминесцентті	Ультракүлгін сәулелерде түрлі түсті және жарықтық контрасты бар
Люминесцентті түрлі түсті	Күндізгі жарықта және ультракүлгін сәулелерде түрлі түсті және жарықтық контрасты бар
Сүзілген бөлшектер	Күндізгі жарықта және ультракүлгін сәулелерде түрлі түс пен жарықтық контрасты бар. Ақау орнында түрлі түсті немесе люминесцентті бөлшектердің тұндыруы

Керосиннің үлгісі төмен сезімталдыққа ие және беттік ақауларын анықтау үшін сирек қолданылады. Жарықтылық әдісін пайдаланған кезде сұйықтықтың өтпелі сұйықтығы ретінде галлик (танник) қышқылының ерітінділері қолданылады. Бұл сұйықтықтар жылтыратылған металлдың жеңіл фонында айқын көрінетін қара түсті индикаторлық үлгісін құрайды.

Түсті дефекоскопия әдісін қолданғанда, әзірлеуші қолданғаннан кейін, әзірлеушінің ақ фонында айқын көрінетін қызыл түсті индикаторды қалыптастыратын сұйықтықтар немесе реагенттер қолданылады.

Люминесцентті ақауларды табу әдісі ультракүлгін сәуленің әсерінен люминесцентке еніп кететін сұйықтықтың қасиетіне негізделген. Бұл жағдайда индикатор суреті ақ фонда зерттеледі, ең жақсы жарықтық және түс контрасты ақ (ақ-сары), қызыл немесе қызғылт сары түсті люминесценттік түсімен қамтамасыз етіледі. Сондай-ақ, люминесценцияның түстері күндізгі немесе түнгі мезгілде көру сезімталдығына сәйкес келетін ендіргіш сұйықтықтарды пайдаланыңыз - ультра күлгін жарықта жасыл-сары немесе көкшіл-жасыл.

Люминесцентті түс тапқан әдіс ультракүлгін сәулелерде ғана емес, сонымен бірге жарық сәулесінің бір бөлігін селективті сіңіруге байланысты түсі бар екенін көрсетеді.

бұл жағдайда индикаторлық үлгілер ультракүлгін сәулелерде де, күндізгі жарықта да кездеседі. Ішкі сіңімді сұйықтықтарын пайдаланған кезде, индикаторлық үлгілер ультракүлгін және жарық сәулелерінде қызғылт-қызыл болып табылады.

Сүзгі бөлшектерінің әдісі бірнеше микрондардан бастап жүз миллиметрге дейін өзгеретін түсті немесе люминесцентті суспендирилген бөлшектерді қамтитын еніп кететін сұйықтықтарды пайдалануға негізделген. Бұл әдіс кеуекті материалдардың беткі қабатындағы жарықтар мен басқа да ақауларды анықтау үшін қолданылады. Қабылдағыш бетке еніп кететін сұйықтық кеуекті материалмен сіңіп, ақаулық орнында сұйықтық тезірек және үлкен көлемде сіңеді. Өлшемі ақаулардың тесікінен асып кететін бөлшектер, сүзгіден өтіп, ақаулық үстінен бетке қойылды. Бөлшектерді көрнекі тексеру арқылы оңай анықталады.

Бақылау сұрақтары

1. Металдарға қандай заттар жатады?
2. Кристаллдық тор дегеніміз не? Кристаллдық торлардың қандай түрлері бар?
3. Металдар мен қорытпалардың қасиеттеріне кристалдық құрылымдағы ақаулар қандай әсер етеді?
4. Жұмыс ортасы материалдардың қасиеттеріне қалай әсер етеді?
5. Қандай қасиеттер механикалық деп аталады?
6. Материалды өңдеу мүмкіндігі қандай?
7. Материалдың төзімділігінің сипаттамалары қалай анықталады?
8. Материалдың соғу қабілеті қандай мақсатта анықталады?
9. Материалдың қаттылығын не сипаттайды?
10. Қандай сыну (сынғыш немесе тұтқыр) ең қауіпті болып табылады?
11. Материалдың құрылымдық төзімділігі деген не?

Металдардың қышқылдары мен құрылымдары**3.1. Қорытпалардағы негізгі фазалардың сипаттамасы**

Негізгі ұғымдар. Таза металдар әдетте төмен беріктігі мен төмен технологиялық қасиеттеріне ие. Технологияда, әдетте, қорытпалар қолданылады. *Қорытпалар* деп бірнеше элементтерді біріктіру арқылы алынған күрделі заттарды атайды. *Қорытпаны* құрайтын элементтер немесе химиялық қосылыстар *компоненттер* деп аталады. Металл қорытпаларының компоненттері металдар ғана емес, сонымен қатар металл емес. Компоненттер санына байланысты қорытпалар екі есе, үш есе және т.б. болуы мүмкін. Компоненттердің қорытпалардағы физико-химиялық өзара әрекеттесуіне байланысты фазалар қалыптасады, олардың саны мен түрі қорытпаның күйін сипаттайды. *Фаза* - құрамның, қасиеттердің, кристалдық тордың түрімен сипатталатын қорытпаның біртекті бөлігі және қорытпаның басқа бөліктерінен интерфейс арқылы бөлінген. *Құрылымы* бойынша қорытпадағы фазалардың өзара орналасуының пішіні, көлемі және сипаты түсініледі. Қорытпаның қасиеттерін анықтайтын фазалық құрам мен құрылым оны өңдеудің құрамы мен технологиясына байланысты.

Қорытпаларда келесі фазаларды құруға болады: сұйық ерітінділер; қатты таза металдар; қатты ерітінділер; химиялық қосылыстар. Фазалардың санына байланысты қорытпалар бір, екі немесе көп фазалы болуы мүмкін.

Сұйық күйде қорытпаның компоненттері сұйық ерітінділерді қалыптастырады, әдетте бір-біріне шексіз еріп кетеді. Қатты күйде компоненттер екі немесе одан көп фазалардың қосындысы болатын механикалық қоспаларды құра алады; химиялық қосылыстар, компоненттер химиялық өзара әрекеттескен кезде; қатты ерітінділер, бір компонент *ерімкіш* деп аталатын басқада ериді.

Механикалық қоспалар. Егер қорытпаны құрайтын элементтер сұйық күйден қатталып, бір-біріне ериді емес және өзара әсер етпесе, механикалық қоспалар пайда болады. Механикалық қоспалар көптеген қорытпалардың кристаллизациясы кезінде пайда болады, мысалы Pb-Sb, Al-Cu. Қоспаның құрылымы гетерогенді болып табылады. Кескіштегі металлографиялық талдауда механикалық қоспаны құрайтын компоненттердің кристаллиты көрінеді. Химиялық талдау түрлі элементтерді де анықтайды. Рентгендік дифракционды талдау кристалдық торлардың екі түрін анықтайды, олар осындай қоспаны құрайды

Химиялық қосылыстар. Егер қорытпаны құрайтын элементтер бір-бірімен өзара әрекеттесе, химиялық қосылыстар пайда болады. Құрылымда химиялық қосылыстар біртекті қатты денелер. Химиялық қосылыстардың қасиеттері оларды құрайтын элементтердің қасиеттерінен ерекшеленеді. Химиялық қосылыстар тұрақты балқу нүктесіне ие (диссоциация).

Рентгендік дифракционды талдау химиялық қосылыстар мен бастапқы элементтердің кристалдық торларындағы айырмашылықты көрсетеді. Химиялық қосылыста элементтердің атомдарының белгілі бір коэффициентін сақталады, олардың құрамы Стехиометриялық пропорциямен жәй A_nB_m формуласы түрінде, онда А, В стехиометриялық үлесін білдіруге - тиісті элементтері; n, m - бүтін сандар. Бұл қосылыстардың құрамы-меншік диаграммаларындағы құрамы бірегей сингулярлық нүктелермен сипатталады.

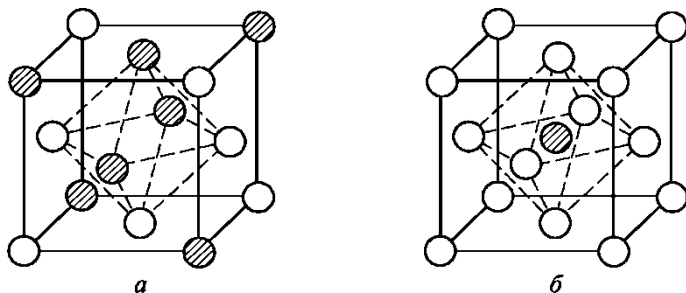
Екі түрлі химиялық қосылыстарды ажыратады: металл - металл емес, металл - металл.

Қатты ерітінділер. Фазалар, компоненттердің біреуі (еріткіш) өзінің кристалды торын сақтайды және басқа (ерітілген) компоненттердің атомдары оның торына орналасады, оны бұрмалайды, ол *қатты ерітінді* деп аталады.

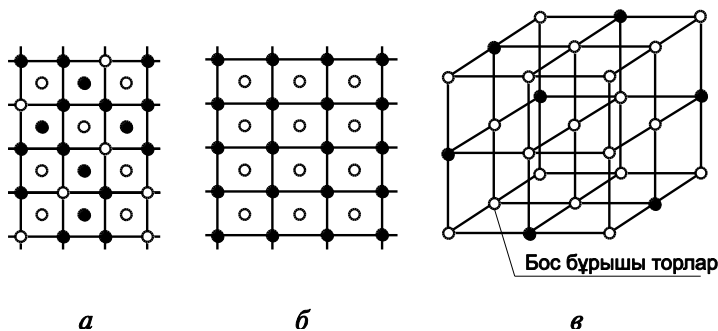
Қатты ерітіндінің химиялық анализі бірнеше элементтерді көрсетеді, металлографиялық және рентгендік құрылымдық біртекті нәтижелер және метал еріткіш сияқты тордың бір түрі.

Ауыстырудың және енгізудің *қатты ерітінділерін* ажыратады. Кристалдық торда еріткіш компонент атомдары арқылы еріткіш атомдарының бір бөлігін ауыстыру арқылы қатты субстрациялық ерітінді пайда болады (Сурет 3.1, а).

Ерітілген элементтің атомдары, әдетте, кристалдық торда арнайы орындарды иеленбейді, тек қана белгілі бір жерлерде еріткіш атомдарын ауыстырады. Атомдардың бұл орналасуын *реттелмеген* деп аталады (Сурет 3.2, а). Қатты ерітіндінің түрлі элементтерінің өзара әрекеттесуі жеткілікті түрде көрінбейтін жағдайларда реттелмеген орналасулар қалыптасады.



Сурет. 3.1. Қатты денелердің кристалды бет-орталыққа орналастырылған текше торы.
(а) ауыстыру шешіміне дейін және енгізудің қатты ерітіндісі (б)



Сурет 3.2. Қатты ерітінділердің кристалдық торына атомдарды орналастыру

a — неупорядоченное (қорытпа Cu—Au); *б* — упорядоченное (қорытпа Cu—Au); — торлар қатты ерітіндіні алып тастау туралы; — атом мыс; • — атом алтын

р қатты ерітіндінің элементтерінің әртүрлі атомдары бір түрдегі атомдардан әлдеқайда өзара күшті әрекеттесе, онда олар белгілі бір тәртіпте орналасуға тырысады. Еріткіштің және ерітілген элементтің атомдары әртүрлі кристаллографиялық жазықтықта орналасады. Мысалы, Au-Cu жүйесінде балқыманың баяу салқындағаннан кейін белгілі бір кристаллографиялық ұшақтар толығымен мыс атомдары, ал басқалары - алтын атомдардан тұрады (Сурет 3.2, б). Мұндай қатты ерітінділер *реттелген* деп аталады. Қорытпаның құрамдас бөліктері бүтін сандардан құралған кезде толықтай реттелген ерітінділер пайда болады: 1: 1; 1: 2; 1: 3 және т.б. Осындай қорытпаның реттелетін құрылымы химиялық қосылыстың формуласымен сипатталуы мүмкін, мысалы CuAu, Cu₃Au. Реттелген қатты ерітінділер қаттылығы мен сынғыштығымен ерекшеленеді және реттелмейтін қатты ерітінділер мен химиялық қосылыстар арасындағы аралық фазалар ретінде қарастырылуы мүмкін. Бір компоненттің атомдары басқа компоненттің атомымен алмастырылған кезде атомдардың мөлшерінің айырмашылығына байланысты кристалдық торлар бұрмалануына байланысты. Бұл бұрмалау қаншалықты үлкен болса, соншалықты атомдардың өлшемдері мен олардың кристалдық торларының құрылымындағы айырмашылық да үлкен болады. Егер торлар шамадан тыс бұрмаланса, одан әрі ерігіштігі мүмкін емес. Түпкілікті ерігіштігі пайда болады, онда қосымша атомдар торға кіре алмайды және тәуелсіз фазаны қалыптастыра алмайды. Егер екі құрамдас бірдей кристалдық торға ие болса және атом диаметрі 8 ... 15% артық болмаса, шексіз ерігіштік болуы мүмкін. Күміс және алтынның (ДР = 0,2%), никель мен мысның (ДР = 2,7%) және т.б. сондай-ақ (DR = 9,9 %), ванадий және титан (DR = 2 %) ККО торлы металдар, молибден және вольфрам, атом өлшемдеріндегі кішкене айырмашылығы бар фукс торлары сияқты шексіз металдар қатты күйде еруі шектелмеген.

Темір, мыс, никельдегі үлкен атом диаметрі (Na, Ca, Pb) бар металдар ерімейтін болып табылады.

Қатты ерітіндіні енгізу ерітілген компоненттің атомдары кристалдық тордың аралықтарына (бос жерлерге) енгізілуімен қалыптасады (Сурет 3.1, б). НСС торында осындай бос орын текше ортасында қалыптасады және диаметрі $0.4D$ болатын шараны құрайды, мұндағы D - еріткіш атомдарының диаметрі. ВСС торда бос орын штік жақ ортасында орналасқан және $0,29D$ диаметрі бар шараны құрайды.

Қатты ерітінділерді енгізудің қалыптасуы, әдетте, кристалдық тордың параметрлері мен оның бұрмалануының ұлғаюымен қатар жүреді.

Қатты ерітінділерді енгізуге кішігірім атомдық диаметрі (C, B, N, H, O) бар 1-ші және 2-ші кезеңдердің элементтері бар металл қорытпаларына тән. Қатты ерітіндіні енгізудегі екінші компоненттің шоғырлануы әдетте төмен және әрдайым қатты ерітінділерге және осы элементтердің химиялық қосылыстарына қарағанда төмен болады. Химиялық қосылыстардан айырмашылығы, енгізілетін қатты ерітіндіде метал еріткіштің кристалдық торы бар, ал химиялық қосылыстар металл торды құрағанша, олар метал тордан ерекшеленеді.

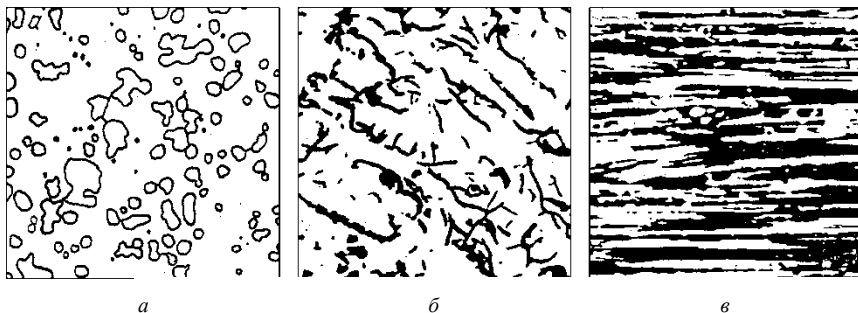
3.2 . Қорытпалардың құрылымы

Ноқаттық немесе фазалық шекаралар қорытпалардың құрылымдық өзгерістері мен қасиеттеріне елеулі әсер ететінін ескере отырып, құрылымды сипаттауда егжей-тегжейлі сипатталуы керек. Секцияның шекаралары құрылымдармен шектесетін микрорегуляциялардан, сондай-ақ жиі химиялық құраммен ерекшеленеді.

Бір фазалы микроаймақтардың химиялық құрамы өзгеруі мүмкін. Бұдан басқа, олардың әрқайсысында кристалдық тордан ақаулар бар – бос орындар және орындары бар. Резистын бұрмалануы құбырлардың құбылыстары мен түрлену үрдісіне айтарлықтай әсер етеді және сондықтан олардың құрылымын сипаттағанда ескеру керек.

Көпфазалық материалдарды балкымалардың кристаллизациясы, термиялық өңдеу кезінде фазалық қайта құрулар, артық фазалардың бастапқы қатты ерітінділерден бөлінуі нәтижесінде алуға болады. Талдауды жеңілдету үшін екі фазалық құрылымдарды қарау ыңғайлы, бірақ материалдарда бірнеше тепе-теңдік және тепе-тең емес фазалар болуы мүмкін. Құрылымдарды жеке фазалардың немесе ноқаттың геометриялық параметрлерін зерттеу негізінде талдау, оларды мөлшерін, пішінін және бағдарлануын анықтау қажет

Тепе-теңдік жағдайында трансформация нәтижесінде пайда болған әрбір фазаның салыстырмалы мазмұны қорытпаның бастапқы құрамымен анықталады

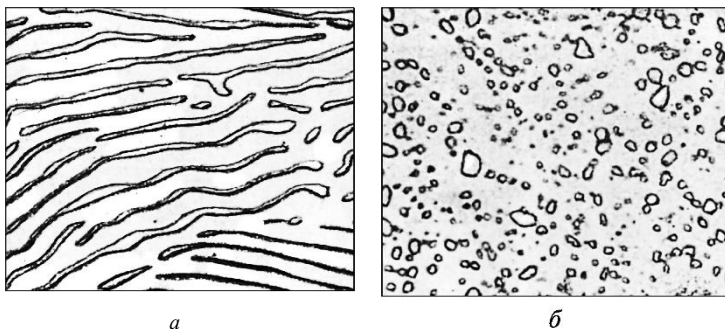


Сурет. 3.3. Екінші фазалық бөлшектердің формасы:

a - эквивалсильды (құрама болаттан жасалған карбидтер); *б* - пластинкаға сұр шойыннан жасалған қалайы графитті); *в* - талшықты (композициялық)

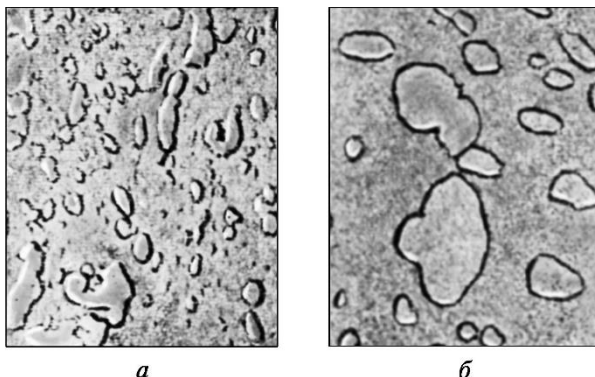
Алайда, толық тепе-теңдік күйі әрқашан қол жетімді бола бермейді; сонымен қатар, кейбір жағдайларда бұл жағымсыз болуы мүмкін. Фазалардың нақты саны өңдеу режиміне байланысты; сөндірілген кезде фазалардың нақты көлемі тепе-теңдік жағдайымен салыстырғанда өзгереді.

Екінші фазаның бөлшектері әртүрлі пішінде болуы мүмкін: екі жақты, сызықты немесе талшықты (сурет 3.3). Бірінші жағдайда үш координат осінің өлшемдері шамамен бірдей, екіншісінде - бір өлшем басқаларға қарағанда аз, ал үшіншісінде - бір осьтің өлшемі басқа осьтерге қарағанда әлдеқайда көп. Іс жүзінде кез-келген таңдалған пішінді алу өте қиын, бірақ кейбір жағдайларда осы үш құрылымның екеуін таңдауға болады. Шойыннан жасалған графит тактай немесе сфералық пішінді болуы мүмкін, болаттың жылу өңдеу нәтижесінде перлит ламельдер немесе түйіршік болуы мүмкін (сурет 3.4).



Сурет. 3.4. Құрылымында көміртегі мөлшері 0,8% (салмағы бойынша) (цемент және феррит) бар болат құрылымының фазалық компоненттерінің пішіні

a - иілмелі перлиті, 2500 рет артуы; *б* - түйіршікті перлит, 1000 есе көп артады



Сурет. 3.5. Құрылымның фазалық құрамдарының мөлшері (цементит және феррит жіберілген мартенситте), 11 000 есе ұлғайды:
1 сағат ішінде 600 ° С температурада, 33 HRC қаттылығы; б - демалыс
12 сағат бойы 675 ° С температурада, 20 HRC қаттылығы; құрылымы көп
үлкен разрядты аз қаттылық

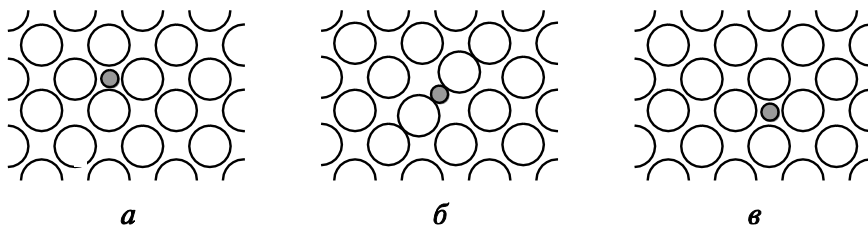
Екінші фазаның бөлшектерін сфероидизациялау үрдісі сала бірлік көлемі бойынша ең төменгі бетіне ие болғандықтан, демек, бетінің энергиясының ең төменгі деңгейіне байланысты. Сондықтан ламеллермен салыстырғанда перлиттегі сфероидальді цементит геометриялық тұрақтылыққа ие. Цементит плиталары тездетілген бағыттағы қаттылықтың нәтижесінде пайда болады, ал тепе-теңдік жағдайында емес,

Перлит қабаты түйіршікті перлитке айналдыру эвтектондқа жақын температурада ұзақ уақыт ұстап тұруды талап етеді (3.5-сурет). Толық тепе-теңдік жағдайындағы құрылыста ферритпен қоршалған цементиттың бір сфералық шөгінділері болады.

3.3. Қорытпалардың диффузиясы және құрылымы

Қатты заттың ішкі құрылымы статикалық емес, атомдар кристалдық торда өз орнында қозғалмайтын күйде бекітілмеген, олар тұрақты түрде тербеліп, торлы тораптардағы тепе-теңдік орындарынан қозғалады. Атомдардың артықшылығы бар бір бағытты қозғалысы, ақырында макроскопиялық заттардың тасымалдануына алып келуі, атомдардың диффузиясы деп аталады.

Фазалардың тууы және фазалардың өсуінің кез келген процесі, қайта кристаллизация, коагуляция және сфероидальдеу, қатты ерітіндіде фазалық түрлендіруі, ерітінділердің ыдырауы және екінші фазаның бөлінуі атомдардың диффузиясымен байланысты.



Сурет. 3.6. Енгізілген атомның түйін арасына өтуі (а) бірқалыпты емес аралықты жағдайда (б) көрші түйін аралығына (с)

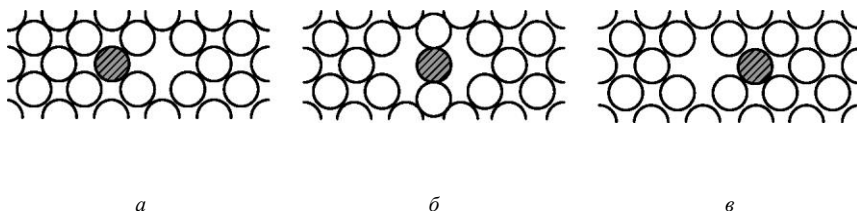
Қорытпадағы *диффузия* - бұл түрлі атомдардың берілуі, ол жеке аймақтардағы компоненттердің шоғырлануының өзгеруімен жүреді.

Өзін-өзі диффузиялау – қорытпалардың таза металдардағы немесе негізгі құрамдас бөліктеріндегі - бірдей типтегі атомдардың қозғалысын білдіреді.

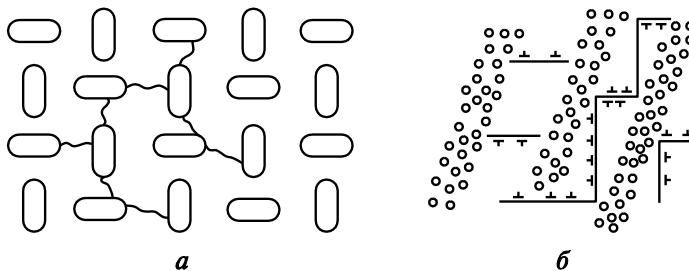
Кішкентай атом радиусы бар енгізу атомдарының диффузиясы, мысалы темірдің торына көміртек, түйін арасы жолы арқылы жүзеге асырылады (3.6-сурет). Бұл үдерістің жүзеге асуы оңай, себебі тордағы ендірілген атомдардың саны түйін арасы санына қарағанда аз.

Металл атомдары үшін диффузияның вакансиялы механизмiнiң ықтималдығы жоғары (3.7-сурет). Ауыстыру атомы жанында келесі көршілес бос орын болған жағдайда өз орнын оңай ауыстырады. Дегенмен, торлы тораптарда атомдар санына қарағанда вакансиялар саны аз, одан келе атомдардың диффузиясы қиын болады. Диффузияның вакансиялық механизмі үшін бұрмаланған торлы орындарда неғұрлым қолайлы жағдай қалыптасады: ноқаттар мен фазалардың шекарасында, сондай-ақ дислокацияда.

Екі механизмінде диффузиясында жылжымалы атомдар, негізгі металл атомдары арасында қысу үшін, торды бұзып және деформациялау үшін кедергіні жеңу керек. Бұл үшін атомдарда белсенділік энергиясының белгілі бір деңгейі болуы керек, бұл диффузиялық процестерді жеңілдететін атомаралық байланыстар мен кристалдық торлардың ақауларына байланысты. Атап айтқанда, ноқат шекаралары бойында активациялаудың қажеттілігінің деңгейі ноқаттың жартысын құрайды.



Сурет. 3.7. Ауыстырылған атомның өз түйінінен торына (а) тұрақсыз аралық орналасу арқылы (б) іргелес бос түйінге көшіру торлар (с)



Сурет 3.8. Жарықтардың қозғалысын тежеу сызбасы:
a - тармақталған және өзгеретін бағытқа байланысты; b - екінші фазаның секрецияларында
блокта

Салыстырмалы түрде көміртегінің темірдегі және қиындатылған хромасының жеңіл диффузиясы жүреді, ол хромның шекаралық атомдары тек Cr_{23}C_6 хромының карбидтерін нокат шекарасында қалыптастыруға қатысады. Нокаттың шекараларында хромдар бар, хром-никель аустенитикалық болаттардың гранулярлық коррозиясына әкеледі.

Жоғары температуралы қорытпалардың құрылымы мен қасиеттерінің тұрақтылығы диффузия процесін тежеу жолымен жүзеге асырады. Диффузияның тежеуі дислокацияның тежелуіне ұқсас құрылымның біртекті еместігіне сәйкес жасалады. Құрал болаттарының құю құрылымында диффузиялық процестерді тежеу карбидтердің термиялық тығыз интерденит фазасы бар дамыған дендрит қаңқасын қалыптастыру арқылы жасалады. Құрылымның біртекті еместігі сызаттардың таралуының айқындаушы факторы болуы мүмкін. 3.8 суретте сызықты түрде олардың көп тармақталуына және екінші фазалық шөгінділерде блоктауға байланысты бағыттардағы өзгерістерге байланысты жарықшақтардың дамуына кедергі келтіретін құрылымдық жағдайларды көрсетеді.

3.4. Болат және қорытпаларды беріктендіру жолдары

Жоғары беріктік жағдай туралы түсінік. Беріктік деп материалдың сыртқы жүктеменің әсерінен болатын пластикалық деформацияға және жойылуына қарсы тұру қабілетін жатқызады.

Қорытпалардың беріктігін арттыру бөлшектер мен құрылымдардың жұмыс мерзімін ұлғайтуға ғана емес, сонымен қатар көлденең кималарынан және металдың шығындануын азайтуға мүмкіндік береді. Алайда тұтқырлық, икемділік және жарыққа төзімділік сияқты механикалық қасиеттердің қажетті комплексі болмаған кезде ғана жоғары беріктік құрылымдардың сенімділігін қамтамасыз етпейді. Кейбір жағдайларда металдың күшті күйінің өзі де теріс әсер етуі мүмкін. Құрылымдық материалдардың жұмысын талдау, олардың жоғары беріктігі мен пластиктен басқа, тұтқырлық резерві бар, соққы

жүктемесіне жақсы қарсы тұра алатындығын көрсетеді. Айнымалы жүктемелердегі құрылымдық материалдар шаршауға жоғары деңгейде қарсы тұруына, ал үйкеліс жағдайда тозуға төзімді болуы керек. Көптеген жағдайларда коррозияға төзімділік қажет. Күштің концентраторлары болып табылатын бөлшектерде әрдайым ақаулары бар екенін ескере отырып, құрылымдық материалдар сынғыш бұзылуларға және жарықшалардың таралуына қарсы төзімділікке ие болуы керек. Құрылымдағы материалдың сенімділігі, әдетте, жеке беріктігі сипаттамалары ретінде, сонымен қатар өнімнің өндірістік мүмкіндіктерін анықтайтын механикалық қасиеттер жиынтығы ретінде түсіндіріледі. Құрылымдық материалдарға қойылатын талаптардың ерекшелігі осыдан тұрады.

Сонымен қатар, жоғары құрылымдық төзімділіктен басқа, құрылымдық материалдар жоғары технологиялық қасиеттерге ие болуы тиіс: жақсы құйылу қасиеттері, қысыммен жұмыс істеу, кесу, жақсы қайнау. Құрылымдық материалдар арзан және сұраныста аз болмауы керек.

Қазіргі уақытта қолданыстағы және болашақта жоспарланып отырған барлық құрылыс материалдарының ішінен, көбінесе талаптарға қарама-қайшы болып келетініне болат сай болады. Тек болат салыстырмалы түрде арзан бағамен әртүрлі механикалық сипаттамалардың жоғары құндылықтары мен жақсы өндірілетіндіктің комбинациясын алуға мүмкіндік береді. Сондықтан қазіргі және болашақта болат негізгі және ең көп таралған құрылымдық материал болып қала береді.

Көптеген құрылымдық болаттар үшін ең маңызды (бірақ бірден-бір емес) құрылымдық беріктік параметрлері - тұтқырлықты ағымдылығының шегі болатын σ_T , суық-сынғыштықтың шектілігі немесе тұтқыр сынғышты берілуінің температурасы t_{cr} , қатаңдық деңгейі KCU, KCV, KCT және кернеу қарқындылығының коэффициенті K_{IC} .

Қатайту механизмдері. XX ғасырдың бірінші жартысында, болаттардың беріктігіне, олардың иілгіштігі мен тұтқырлығына, сыну сипатына және дәнекерліктің сипатына аз көңіл бөлініп, көміртектің құрамы ұлғайтылған кезде қол жеткізген.

Көміртегі темірмен қосылып енгізілетін қатты ерітінділерді жасайды және тиімді қатайтқыш болып табылады. Алайда, феррит ішіндегі ерігіштігі төмен, бұл қатайту әсерінің төмендеуіне әкеледі. Мартенсит сөндірудің жоғары беріктігі төзімділікті қажет ететін икемділік пен тұтқырлықтың төмендеуімен бірге жүреді. Температурада карбидтер пайда болады, мартенситтің көміртегісі азаяды және қатты ерітінділердің қатаю механизмінің әрекеті төмендейді.

Феррит матрицасында ірі цементит типті бөлшектер матрицадан гөрі қатты және сынғыш болып пайда болады. Сондықтан,

бөлшектің бетінде жүктелген күшті жағдай тундайды, ол ұсақ жарылулардың пайда болуына әкеп соғады.

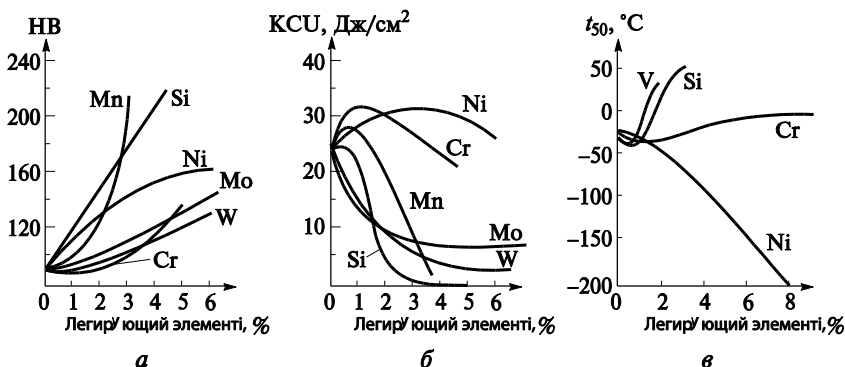
Қазіргі тұжырымдамаларға сәйкес, деформация дислокация қозғалысы арқылы анықталады. Демек, деформацияға төзімділіктің артуы және, тиісінше, жоғары беріктік күйге жетуі орындықтардың қозғалысына тосқауыл қою жолымен жасалуы мүмкін.

Темірлерді қатайтудың негізгі механизмдеріне нокаттарды ұнтақтауға, қатты ерітінділерді қалыптастыруға, екінші фазаның бөлшектерін бөлуге, жылу өңдеу кезінде трансформациялауға және дислокация тығыздығын арттыруға негізделген. Эксперименттік зерттеулер көрсеткендей, көптеген болаттар үшін жеке арматуралық тетіктердің сызықтық қосынды принципі жұмыс істейді, яғни жалпы төзімділікке жеке механизмдердің қосындылары келтірілген:

$$\sigma_T = \sigma_0 + \Delta\sigma_{\text{т.р}} + \Delta\sigma_D + \Delta\sigma_{\text{д.у}} + \Delta\sigma_3,$$

мұндағы σ_0 - кристалдық тордың дислокация қозғалысына (торлы үйкеліс кернеуі немесе Пайерл- са-Набарро кернеуі) қарсылығы; $\Delta\sigma_{\text{т.р}}$ - ерітілген легирленген элементтер қатты ерітіндіні қатты қатайтады немесе қатты ерітінділерді қатайтады; Орын ауыстырудың орнықтылығына немесе қабырғасының қаттылығын тудыруына байланысты, $\Delta\sigma_D$ - жоғары сатыдағы қатты ерітіндінің ыдырауында немесе дисперсиялық бақылауда пайда болған екінші фазаның дисперсті бөлшектерімен беріктендіру; $\Delta\sigma_{\text{д.у}}$ - нокат шекаралары мен асты шоғырларымен немесе нокат шекарасындағы беріктендіру арқылы қатайтылады.

Ферритті-пирлитикалық болаттарда құрылымдық феррит болуына байланысты $\Delta\sigma_3$ қатайтылады.



Сурет. 3.9. Баяу салқындату қасиеттеріне легирленген элементтердің әсері (нормаланған)

феррит пен суық сынғыш шегі:

а - қаттылықтың өзгеруі; б - соққылықтың өзгеруін өзгерту; с-өзгерту суық суық шегі (AP Guliaev бойынша)

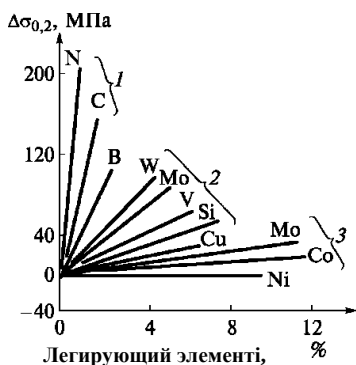


Рис. 3.10. Влияние легирующих элементов на упрочнение аустенита:

1 — элементы, образующие твердые растворы внедрения; 2 — ферритообразующие элементы, растворяющиеся по типу замещения; 3 — аустенитообразующие элементы, растворяющиеся по типу замещения

аз мөлшерде (0.02% дейін) көміртегі мен азот құрайтын элементтер болып табылады. Ниобий, ванадий, титан тәрізді карбид жасайтын элементтер арнайы карбидтермен байланыста тұрады, алюминий нитридтермен немесе металл емес қосындылармен байланысты, хром және молибденде карбидтер мен феррит арасында орналасқан, бірақ олардың ферритты қатайтуға әсері олардың төмен концентрациясы арқылы болады.

Қатты ерітінділер басқа беріктендіру механизмдеріне әсер етуі мүмкін. Нәтижесінде термиялық өңдеу олар екінші фазаның бөлшектерін шығару арқылы диспенсерлі қатаюына ықпал етуі мүмкін. Ерітілген элементтерді қосу болатқа айналу температурасын төмендетуі мүмкін, бұл өз кезегінде құрылымды, ноқат мөлшерін және дислокация тығыздығын өзгертеді. Қатты ерітінділерді беріктендіру басқа механизмдермен байланысынлда металдың беріктігіне қосқан үлесін дәл анықтайды.

Қатты ерітінділі беріктендіру болаттың икемділігіне және тегістігіне теріс әсер етеді. Бұл жағдайда енгізуге арналған ерітінділер ауыстыруға арналған ерітінділерге қарағанда нашар икемділік қасиеттерге ие. Барлық легирленген элементтер феррит қаттылығын арттырады. Бұл жағдайда хром және әсіресе никель болат тұтқырлығын азайтпайды.

сұйылтылған қатты ерітінділерде, олардың көпшілігі болаттар жатады, легирленген элементтердің шоғырлануына сызықты тәуелді бағынушылық қабылдануы мүмкін (3.9, 3.10-сурет). Қатты ерітінділі беріктендіру әсіресе элементтерді енгізу кезінде тиімді. Көміртегінің және азоттың бұл әсері кристалдық тордың асимметриялық бұрмалануы арқылы түсіндіріледі және осы элементтердің атомдарының күшті өзара әрекеттесуі еріген атомдардың шөгінудің әсерінен шығып кетеді. Қатты енгізілетін ерітінділер пайда болған кезде беріктендіру әсері қатты субстратикалық ерітінділерге беріктендіруден қарағанда 10-100 есе күшейеді.

Негізгі қорытпа элементтері

толығымен енгізілген

құрамында феррит пен қатты ерітінділердің беріктігін анықтайтын кремний, никель, мыс, әлсіз карбиді құратын марганец, көміртегі мен азот құрамында тәуелсіз карбидтерді құрамайды және

Никель суық сынғыштықтың шегін көбірек азайтады. Бұдан басқа, аустенитте никель, хром, марганец және басқа да элементтер жақсы ериді, оның салқындатуға төзімділігін арттырады, осылайша болатты қаттылығын арттырады. Никель мен хромды бір мезгілде болатқа енгізуде беріктігінің әсері ұлғаяды, яғни күрделі лигерленуде тиімді түрде өседі. Жоғары беріктікке, икемділікке, тұтастығы және беріктігіне болаттардағы никель мен хромның лигерленуі ең маңызды лигерленген элементтерге жоғары және орта элементтерге қол жеткізе алады.

Лигерленген элементтердің аустениттық коррозияға төзімді болаттардың қасиеттеріне әсері олардың феррит негізіндегі болаттардың қасиеттеріне әсерінен айырмашылығы болады (3.10-суретті қараңыз).

Пластикалық деформация кезіндегі металдардың беріктенуі немесе дислокацияның катаюы жаңа дислокацияның пайда болуымен $\Delta\sigma_d$ және олардың тығыздығының артуымен байланысты. Бұл, дислокациялардың жылжуына дислокацияның өздері арсы тұруына әкеліп соғады. Алан Х.Коттреллдің айтуынша, егер бұл бағытта барлық бағыттарда қозғалыс қарқынын күшейтетін белгілі бір бағытта азаятын үлкен теміржол торабын елестетсеңіз, бұл нәтижені түсінуге болады.

Аустенитикалық болаттар, пластмасса деформация нәтижесінде бірдей дислокациялық тығыздықта, феррит болаттармен салыстырғанда әлдеқайда күшті болып келетін дислокацияға қол жеткізеді.

Шөгінділермен қаттау. Түсті металдар, әсіресе дуралюмин, кобальт негізіндегі қорытпалар, никель, мыс үшін, дисперстік бөлшектермен немесе $\Delta\sigma_{d,y}$ дисперсиялық беріктендірудің катаюы аса маңызды болып табылады деп есептелініп кеткен. Алайда, соңғы жылдары темірге негізделген жаңа қорытпалар әзірленуде, олардың беріктілігі дисперсиялық катаюмен айтарлықтай айқындалады. Жиі қолданысқа микроқосулар құрылымдық болаттар және мартенситті қартаюшы болаттар иелік тапты. Микроқосулар құрылымдық болаттар көміртегі мен азотпен қатты дисперсті карбонитридті бөлшектерді қалыптастыратын титанның, ванадийдің, цирконийдің және ниобийдің аз мөлшерін қамтиды. Темірде еріген алюминий азотпен бірге AlN қатты бөлшектерін қалыптастырады.

Мартенситті-қартаюшы болаттардың құрамы мынадай таңдамамен жасалған, көміртексіз мартенситикалық матрицада қартаю кезінде, Ni_3Ti , $FeAl$ және т.б. сияқты қатты интерметалды қосылыстар пайда болады.

Екінші фазаның бөлшектері кристалдық торда дислокация қозғалысына кедергі ретінде әрекет етеді.

Ноқаттардың көлемін азайту ағымдылығының өсуіне ықпал етеді. Қозғалыстағы дислокациялар ноқаттар шекарасынан өте алмайды, ал

деформация беру релелік әдіспен жүзеге асырылады - шекараның басқа жағында орналасқан дислокация көзін қоздыру жолымен.

Ағымдылық шегіндегі ноқаттың мөлшерінің әсерін Холл – Петчтың теңдеуі арқылы сипаттауға болады:

$$\sigma_t = \sigma_0 + kd^{-1/2},$$

онда σ_0 - тордың үйкеліс кернеуі, МПа; k - берілген металды ноқатының шекараларының шығып кету қозғалысының сандық мәнін анықтайтын коэффициент; d – ноқаттың орташа мөлшері, мм.

Бұдан басқа, ноқаттың қатаң параллель атом қабаттарынан салынған монолитті кристалл емес екендігін ескеру керек. Ноқат бөлек блоктардан тұрады, кристаллографиялық тегістіктері бір-біріне шағын бұрышпен (бірнеше бұрыштық минуттар тәртібімен) айналады. Мұндай ноқат құрылымы *мозаикалық құрылым* деп аталады, ал оның құрамдас бөліктері – *мозаикалық блоктар* болып табылады. Блоктарды бірнеше градустың бұрышымен бір-біріне кедергі келтіретін ірі қосылыстар – фрагменттерге біріктіруге болады. Ноқат ішіндегі кіші бұрыштық шекаралардың қалыптасуы қосымша беріктікке әкелуі мүмкін.

Аустенитикалық болаттарға арналған k коэффициенті феррит-пирлитикалық болаттарға қарағанда шамамен екі есе аз үлкендікке ие. Сонымен қатар феррит негізі бар болаттың фазалық қайта кристалдануына байланысты әлдеқайда аз мөлшердегі ноқаты болады. Фазалық кристаллизациядан кейінгі феррит негізіндегі болаттардың диаметрі 10 ... 30 мкм, ал аустенитикалық болаттарда 70 ... 100 мкм. Осы факторлардың арқасында аустенитикалық болаттарда, ноқат шекарасының беріктенуі темірге негізделген болаттарға қарағанда әлдеқайда төмен

Феррит ноқаттарының өлшемдері бастапқы аустенит ноқаттарының мөлшеріне және карбонитрид фазаларының болуына байланысты. Суыту және қайта айналдыру кезінде $g \wedge a$ олар жаңа феррит ноқаттарын қалыптастыру үшін орталықтар болып табылады. Осылайша, шашыраған бөлшектердің болуы феррит ноқаттарын тазартуға ықпал етеді және ноқатты қатайтуға қосымша үлес қосады. Сондықтан ванадий, ниобий, цирконий және титанды бір уақытта микролегірілендіруде карбонитридтік дисперстік фазалардың пайда болуы дисперсті және ноқат шекарасының беріктігін арттырады.

Ноқат шекарасының беріктенуінің бірегей ерекшелігі - бұл механизм күштің өсуімен қатар бір мезгілде болатты тұтқырлығы мен иілгіштігі жоғарылауы жүзеге асырылады. Ноқатты ұсақтау кезінде тұтқыр-сынғыш өтудің температурасы төмендейді және сынғыш сыныққа төзімділік артады.

Осылайша, болаттарды беріктендіру негізгі факторлары феррит-перлитті құрылым нокаттық шекаралық қор болып табылады (үлесі 30...40 %), қатты ертінді (25...40 %) және дисперсиялық (25...30%) беріктендіру.

3.5. Диаграмма түрі (фазалық тепе-теңдік) қорытпалар

Әдістемесі мен шарттарын құру диаграммалық жай-күйі. Қорытпалар кезінде компоненттердің концентрациясы өзгерген кезде, сондай-ақ оларды суыту немесе қыздыру үдерісінде (сыртқы қысым кезінде) балқыту кезінде елеулі фазалық және құрылымдық өзгерістер көрнекі түрде диаграммалар жай-күйін графикалық бейнесін, қорытпалардың күйін байқауға болады. Өйткені диаграммалар тепе-теңдік қорытпалардың күйі үшін құрылады (тұрақты жай-күйі, еркін энергия жүйесі аз сипатталады), олар сондай-ақ диаграммалармен фазалық тепе-теңдік деп аталады және тепе-теңдік фазаны көрсетеді, сол тепе-теңдік фаза осы шарттар кезінде болады (концентрация, температура, қысым).

Тепе-теңдік жай-күйі өте аз салқындату жылдамдығында қол жеткізу мүмкін (салқындауы болмаған жағдайда) немесе ұзақ қыздыру, шын мәнінде оларды іске асыру өте қиын. Сондықтан, дегенмен іс жүзінде, диаграмма күйін білдіреді теориялық нұсқа, ал іс жүзінде оларды балқытуға аз жылдамдығында салқындату немесе қыздыру үшін пайдаланылады.

Диаграмма күйін әдетте эксперименталды түрінде құрады. Оларды құру үшін термиялық әдіс пайдаланады, оның көмегімен қисық қату және салқындату қорытпалар алады. Майыстыру бойынша осы қисыққа жылу әсерлер айналуларын анықтау негізделген және өздерінің айналу температурасын анықтайды. Майыстыру нүктесі немесе қисық салқындатуды тоқтатуды сыни нүктесі деп атайды және балқыту кезінде аға бастайды немесе қандай да бір айналулар бітеді.

Диаграммалардың жай-күйі көмегімен ерудің температурасын және балқытуда полиморфты айналуды анықтайды, қанша фазалардың және осы қорытпадағы температурада қандай фазалар бар, сондай-ақ сандық қатынасы осы қорытпадағы фазалардың және олардың құрамы (құрамындағы компоненттер).

Термиялық әдісіне қосымша зерттеу үшін қатты күйге айналу жайларын оқу микроструктурлар пайдалана отырып, оптикалық және электрондық микроскопия, рентгенқұрылымдық талдау, физикалық қасиеттерін зерттеуді жаттау. Өр түрлі әдістермен диаграмма жай-күйін құру үшін қолданылады.

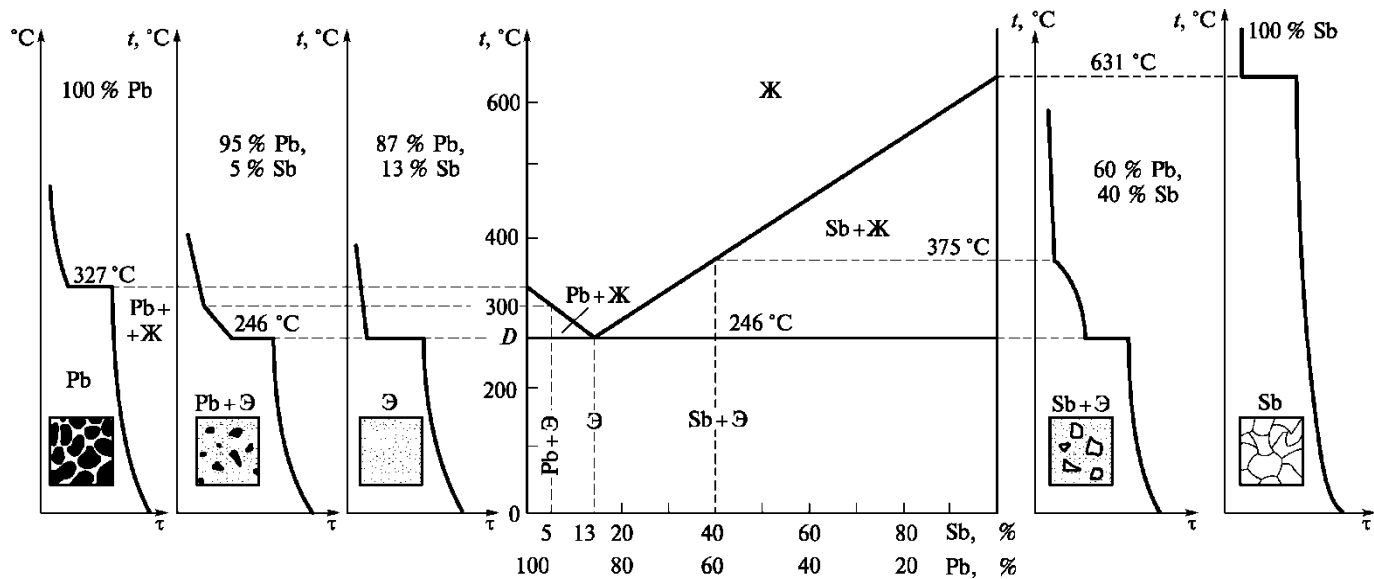
Себебі қорытпалар компоненттер санына байланысты қосарланған болуы мүмкін (екі компонентті), үшеу (үш компонентті) және тағы басқа, тиісінше диаграммалар жағдайының салынууда жүйесінде екі координаталар температурасы және концентрациясы (диаграмма күйі қос қорытпалар), үш координаталар температурасы және екі осі концентрациясы (диаграммалар үш компонентті қорытпалардың күйі). Негұрлым күрделі жүйелер үшін, әдетте, кеңістіктік диаграмма кейбір жеңілдету қасиетін немесе қиманың осы диаграммалар бойынша температуралық немесе концентрациялық осі құрады.

Қос балқытуға тігінен диаграмма күйі температурасын кейінге қалдырады, ал көлденеңі бойынша — компоненттер концентрациясы. Әрбір нүкте абсцисс осіне сәйкес келеді белгілі бір мазмұны бір және басқа компонентті ескере отырып, сонымен қатар, жалпы мазмұны компоненттерін әрбір нүктесінде осы осіне 100 % сәйкес келеді. Сондықтан шамасына қарай ұлғайту санын бір компонентті қорытпаның төмендеуі құрамы қорытпадағы басқа компонент.

Диаграммалар түрі сипатына қарай өзара анықталады, орын алатын компоненттері арасындағы қорытпалар *сұйық* және *қатты* күйінде болады. Бұдан әрі қарастырылатын барлық жағдайларда болжанып отыр, бұл компоненттері арасындағы қорытпа сұйық күйде инвестициялар ерігіштігі бар, яғни олар біртекті сұйық ерітінді құрайды, Ж әрпімен белгіленеді. Қатты күйінде компоненттері құруы мүмкін механикалық қоспа таза компоненттерден, шексіз қатты ерітінділер, қатты ерітінділерге шектеу қойылады, тұрақты химиялық қосылыстар және тұрақсыз химиялық қосылыстар, сондай-ақ полиморфты айналдыру.

Диаграммалардың негізгі түрлері. *Қорытпа диаграмманың жағдайы, механикалық қоспа құрайтын таза компоненттерден (Прода). Бастапқы деректер:* екі компонентті шектелмеген ерігіш сұйық күйде, ал қатты күйінде ерімейтін және химиялық қосылыстарды түзбейді. Компоненттері: химиялық элементтер А, В (компоненттерінің саны $K = 2$). Фазалар: сұйықтық Ж, кристалдар А, В (фазалардың саны $\Phi = 3$).

Диаграмманың үлгісі диаграмма жүйесі түрі осы қорытпалардың күйі болып табылады Pb— Sb. Диаграмма Pb— Sb пайдалану негізінде қисық суыту әдісімен алынған, терминологиялық талдау (сур. 3.11). Қорытпалардың жүйесі Pb— Sb өзіне құрамын 100 % Рbи 0 % Sb қосады, яғни таза қорғасын, және 100 % Sbi 0 % Pb, т. е. таза сүрме. Қисықтар салқындату үшін таза металдар бар бір көлденең учаскесі, температураны кристалдану сипаттамасы : тиісінше қорғасын 327 °C, тартпа үшін 631 °C.



Сурет 3.11. Диаграммасының күйін, қисық салқындату құрылым схемасы қорытпа жүйесінің Pb—Sb толық бөлме температурасына дейін:
Ж — сұйық ерітінді; Э — эвтектика

Температураның жай-күйін осы мәндер орналасқан ордината осі, оның құрамында және тиісінше таза қорғасын, таза сүрме диаграммада көрсетілген. Таза металдар құрылымы біртекті нокатты білдіреді.

Қорытпа, құрамында 13 % Sb және 87 % Pb, сондай-ақ бар бір көлденең учаскесі, немесе бір сыни нүктені (246 °C) — температурада осы қорытпа қатады. Бұл қоспа былай сипатталады, онда бір мезгілде сұйық фазаның кристалл Pb и Sb кристалдануы болады (жалпы жағдайда компоненттері A және B) механикалық қоспалары пайда болады. Мұндай механикалық қоспа екі (немесе одан көп) кристалдардың түрлерін, бір мезгілде сұйықтықтан кристалдану пайда болуын *эвтетик* деп атап Э әріпімен белгілейді. Қорытпаның өзі эвтетикалық болып табылады, ал оның микроқұрылымы кезек-кезек кезектесіп келетін қорғасын негізінен бөлу сүрмесін білдіреді. Эвтетикалық реакциясын жазу былай болып қабылданды : $J \wedge Pb + Sb$, немесе жалпы түрде $J \wedge A + B$.

Кристалдануы кез келген қорытпаның қамтитын $0 < Sb < 13\%$, Pb кристалдарды бөлу басталады. Мұндай қорытпалар температуралар аралығында қатады және қисық салқындату екі сыни нүктелері бар, басында және соңында қатуына тиісті (мысалы, қорытпа 5 % Sb). Мұндай қорытпалар *доэвтетикалық балқымалар* деп аталады, олар эвтетикалық айналдыру кезінде суыту температурасына ұшырауда 246 °C төмен және түпкілікті салқындату құрылымынан кейін $Pb + \Delta$ ($Pb + Sb$). Осы құрылымда екі құрылымдық құраушылары бар: кристалдар Pb және эвтетика ($Pb + Sb$), өнімділігі негізінде екі фаза — кристалдардың Pb және кристалдар Sb алынады.

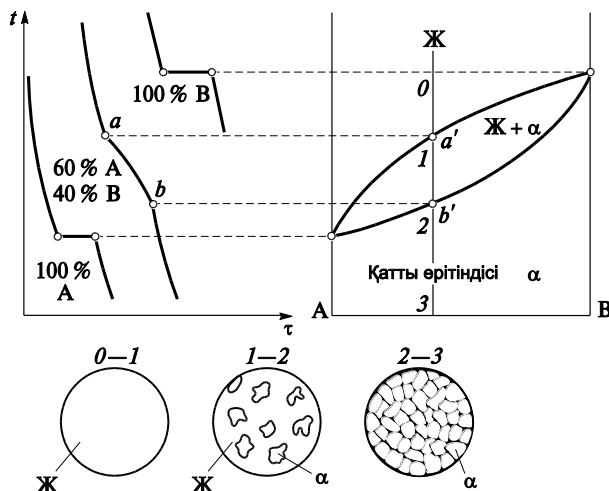
Кристалдануы кез келген қорытпа концентрациясы $13 < Sb < 100\%$ Sb кристалдарды бөлу арқылы басталады. Мұндай қорытпалар, сондай-ақ температуралар аралығында қата бастайды — басынан аяғына дейін қату (мысалы, қорытпа 40 % Sb). Салқындату кезінде температура 246 °C төмен болғанда оларда эвтетикалық айналдыру басталады. Мұндай қорытпалар *эвтетикалық* деп аталады және суытқаннан кейін түпкілікті құрылымына $Sb + \Delta$ ($Pb + Sb$) ие болады. Құрылымы эвтетикалық қорытпалар үшін, сондай-ақ екі фазалық болып табылады (кристалдар Sb и Pb) және екі құрылымдық құраушылардың: кристалдардың Sb және эвтетикалық ($Pb + Sb$) болады.

Диаграммада үш тән аймақтарға бөлуге болады: онда тек сұйық фазасы бар аймағы, желілердің жоғары жүйесін шектеулі нүктесіне: температурасы 327 °C — эвтетикалық нүкте 246 °C — температура 631 °C; аумағында тек қатты фазасы бар (кристалдар Pb және Sb), төмен эвтетикалық желісі (барлық көлденең сызық деңгейінде температура 246 °C-ұштары бар жерде оның қиылысу ординатасы 100 % Pb және 100 % Sb); облысы, мұнда бір мезгілде сұйық және қатты фаза қосарланып отыр (сұйық-қатты фаза аумағы) — сызықтарының арасындағы шектейтін тиісінше сұйық және қатты қорытпалар күйі.

Желі, диаграммада шектеулі аумағында қорытпалардың сұйық фазасын *ликвидус желісі* деп атайды. Желі толық аумақты шектейтін қорытпаның қатуы қалған диаграмманың аумағы жағдайы *солидус желісі* деп аталады.

Қорытпалардың күйінің диаграммасы шектеусіз компоненттердің ерігіштігі қатты күйінде (Прода). Бастапқы деректер, екі компонент шектелмеген ерігіш қатты және сұйық күйде және химиялық қосылыстар құрайды. *Компоненттер*, химиялық элементтер А, В ($K = 2$). *Фазалар*, сұйықтық Ж, кристалдар қатты ерітінді ($\Phi = 2$).

Қорытпалар үлгісі осындай диаграммалармен жай-күйі болып табылады, қорытпалар жүйесі Cu—Ni. Егер екі компонент (А және В) сұйық және қатты күйінде шексіз еритін болса, олар қату кезінде барлық балқыту негізінде өз кристалдарын құра алмайды. Тиісінше кристалдану кезіндегі осы балқытуға кристалдар қатты ерітінді бөлінеді (а-қатты ерітінді), ал ең жоғары саны, фазалардың осы балқытуға екіге тең (а сұйық және қатты ерітінді). Бұл жағдайда ережесіне сәйкес фазалардың өтуі кристалдануы барлық қорытпалар тек температуралар аралығында болады (кристалдануы тұрақты температурада у қорытпалар ғана мүмкін болған жағдайда үш фаза) және, тиісінше, диаграммада жоқ көлденең сызық, ал отырса ғана көлбеу қисық (сур. 3.12). Диаграммада үш аумақ бар, жоғарыда желілер аумағы $Aa'B$ — сұйықтық; облысы сызықтарының арасындағы $Aa'B$ және $Ab'B$ — сұйық және



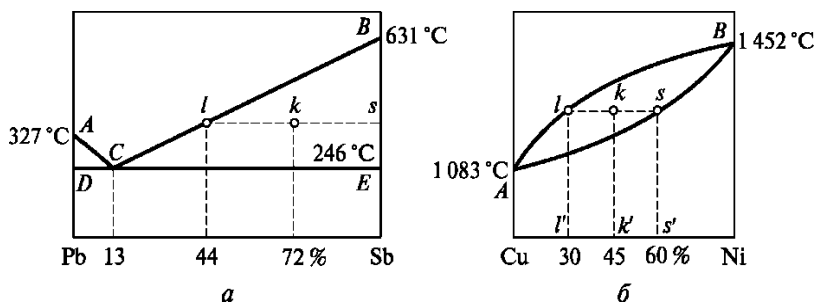
Сурет 3.12. Диаграмма күйі, салқындату қисықтар және қорытпалардың шектеусіз ерігіштік қатты күйіндегі құрылымдары схемасының үлгісі

қатты ерітінді; Ab B сызығынан төмен — қатты ерітінді аумағы. Желі Aa B ликвидус сызығы болып табылады, ал желі Ab B - солидус сызығы.

Кристалдану кез келген қорытпаның төмендеуінен басталады сұйықтықтардың жаууына балқыманы жекелеген кристалдар қатты ерітінді a (мысалы, a' нүктесінде) толық қату қатты ерітіндісі аяқталады (мысалы, B' нүктесінде). Алайда кристалдану аралығында (мысалы, нүктелер арасындағы a' және b') қорытпалар екі фазалық жағдайда тұр ($J + a$) температура төмендегенде санының ара қатынасы қатты және сұйық фаза екі фазалық аумағы өзгеруге тиіс — сұйықтық мөлшері азаяды, ал a қатты ерітінді артып келеді. Сонымен қатар, төмендету кезінде температура өзгереді, сондай-ақ сұйық құрамы және қатты фазалардың. Анықтау үшін салыстырмалы санын әрбір фазаның құрамын және фазалар диаграммаларда жай-күйін кез келген түрін пайдаланады *ережесіне кесінділерінің* (рычаг ережесіне), негізгі ережелері былайша тұжырымдалады. Анықтау үшін компоненттердің концентрациясын екі фазалық аумағы арқылы бізді қызықтыратын нүктесін сипаттайтын күйі қорытпасынан (қорытпаның құрамы және оның температурасы) көлденең сызықты кесіп өткенге дейін желілерімен жүргізеді, екі фазалық аумақты шектейді. Құрамы сұйық және қатты фазалардың проекция нүктелерін кесіп білікке шоғырлануын көрсетеді.

Қатынасы сұйық және қатты фазалардың анықтау үшін сандық жасау қажет, кері пропорционалды тәуелділік арасындағы олардың саны мен кесіндінің көлденең сызық, білімді арасындағы нүкте, қорытпасынан сипаттайтын және нүктелері сұйық және қатты фазалардың анықтайтын құрамы.

Мысалында екі типті диаграмманы қарастырайық (3.13 сурет) кесінділерінің ережесі көмегімен саны мен құрамын анықтауға болады, фазалардың құрамын, мысалы, жай-күйін, k тиісті нүктесінде.



Сурет 3.13.. кесінділерінің Қолдану ережесі үшін қорытпа құрайтын (а) механикалық қоспалар және қатты ерітінділер (б)

Ара қатынасын анықтау үшін фазалар және олардың құрамын K нүктесі арқылы өткізеді көлденең сызықты кесіп өткенге дейін желілерімен, шектеулі екі фазалық облысы диаграммада (нүкте i және s). Проекция нүктелерін кесіп білікке шоғырлануын көрсетеді құрамы сұйық фаза (i' нүкте — проекция нүктелері i , орналасқан сызығын ликвидус) және қатты фазаның (нүкте s' — проекция нүктесі s , тиісті-3.13 сурет, а концентрациясы 100 % Sb және орналасқан сызығын солидус- 3.13 сурет, б). Ережесіне сәйкес тетікті жолақтардың көлденең сызықтың арасындағы нүктесі k және нүктелері, фазалардың құрамдарын анықтау, кері пропорционалды саны бұл фазалардың, яғни жазуға болады:

$$Q_S sk = Q_i lk; \quad Q_S / Q_i = lk / sk,$$

мұндағы, Q_s , Q_i — саны қатты және сұйық тиісінше фазасы.

Анықтау үшін қарым-қатынас қандай да бір фазаның (қатты немесе сұйық) барлық саны қорытпаның Q_{s+l} пайдалануын білдіреді

$$Q_S / Q_{s+l} = lk / sl; \quad Q_S = Q_{s+l} lk / sk,$$

мұндағы sl — көлденең сызықтардың бүкіл ұзындығы.

Кесінділер ережесін пайдалану ғана емес, қорытпаның кристалдану үдерісін үйрену үшін, бірақ және қатты күйінде үдерістерді қарау үшін. Бұл ереже олардың агрегаттық жай-күйі көрсетілгеніне қарамастан барлық екі фазада қолданылады.

Егер диаграмма күйін шектеусіз ерігіштігін қайтып қарауға компоненттердің қатты күйінде (3.12 суретті қараңыз) онда барлық аралықтағы кристалдануға назар аудару қажет (мысалы, нүктесі a' - дан' b') сұйық балқыманың концентрациясы компоненттерін жауап беретін нүктесінде $k(45\% \text{ Cu} + 55\% \text{ Ni})$ (3.13 суретті қараңыз) тұрақты бөлу жаңа кристалдар жүреді. Әрі құрамы алғашқы кристалдардың проекция s нүктесі анықталады, орналасқан сызығы солидус. Жаңа кристалдардың қорытпаның k_v нүктесінде b' бөлу аяқталады, сұйықтық соңғы тамшы қашан қататынын, проекция i нүктелері құрамы ликвидус сызығы бойында орналасқан.

Егер салқындату кезінде қорытпаның аралығында кристаллдау құрамы сұйық фаза ережесіне сәйкес кесінділер бойынша ликвидус сызығы, ал қатты фазаның — солидус желісімен өзгереді.

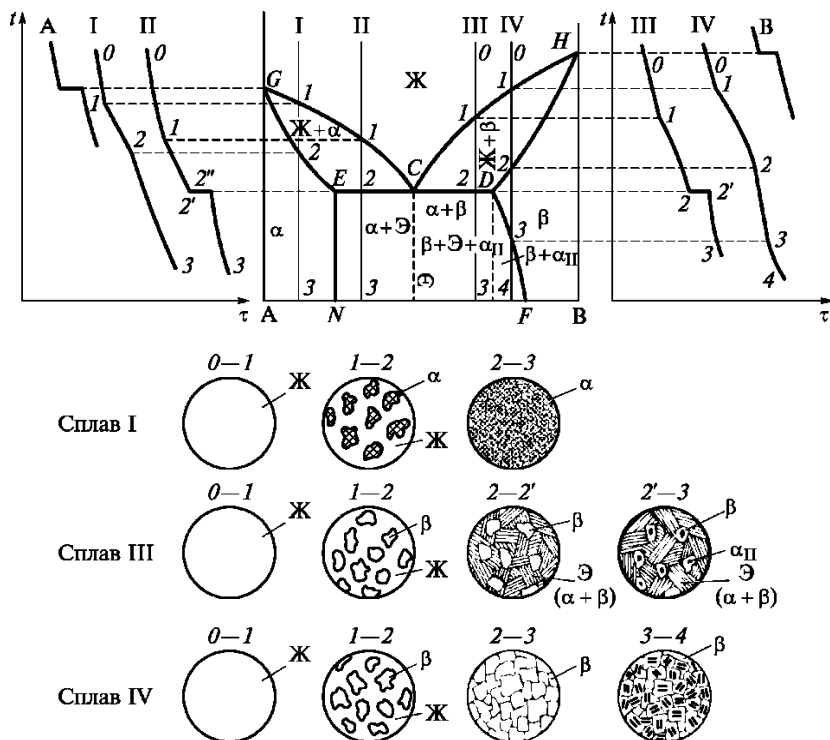
Қорытпалардың күйінің диаграммасы шектеулі ерігіш компоненттері қатты күйінде (III рода). Бастапқы деректер: екі компонентті шектелмеген ерігіш сұйық күйде, шектеулі ерігіш мальтоза және химиялық қосылыстар құрайды. Компоненттері: химиялық элементтер, ($K = 2$). Фазалар: сұйықтық J , қатты ерітінділер (ерітінді компонент Av B) және b (ерітінді компонент Bv A) ($\Phi = 3$).

Бұл диаграмманың түрі мен жай-күйін (диаграмма эвтектикалық айналымнан бастап) практикалық тұрғыдан өте маңызды да жиі ұсынылған құрамында күрделі диаграммалардың кең тараған өндірістік қорытпалар, мысалы қорытпалардың жүйелерін Fe—C, Al—Cu және т. б.

Қарастырылып отырған жүйеде шектеулі ерігіштігі компоненті мальтоза температурасының өзгеруі мүмкін емес, сондай-ақ өзгеріп отырады. Екеуі де қарастырылатын жағдайда ұсынылды 3.14 сурет (тиісінше желісі EN және DF). Нәтижесінде диаграмманы жай-күйіне екі жақты шектеулі ерігіш компоненттері қатты күйінде байланысты иеміз.

Осы диаграммада желісі GCH— ликвидус сызығы, одан жоғары барлық қорытпалары бар біртекті сұйық ерітінді; желі GEDH— солидус сызығы, балқытудың төменгі жағында сұйық фаза болмайды.

Қарастырылып отырған жүйе компоненттері A және қатуы мүмкін емес жеке кристалдар, өйткені олар



Сурет 3.14. Күй диаграммасы, салқындату кысықтары схемасы және қорытпалар құрылымдардың пайда болуы шектеулі ерігіш мальтоза және эвтектикалық айналымы

бір-бірімен қатты ерітінділер а және р салаларда диаграммалар олар орналасқан тиісінше сол жағында тігінен EN және оң жағында желісі DF құрайды. Осы салаларда барлық қорытпалар интервалындағы арасындағы ликвидуспен кристаллданады және солидус сияқты, бұл үдеріс кез келген қорытпадағы диаграммаларда жай-күйін II түрінен өтеді. Тиісінше, сол жағындағы орналасқан сызық EN кристалдану кезінде сұйықтық кристалдар қатты ерітінді бөліне бастайды (мысалы, I қорытпаның I нүктесінде). Кристалдану мен қорытпалары аралығында екі фазалық құрылымы бар Ж + а. Кейіннен кристалдау және соңына дейін салқындату бұл қорытпалар бар құрылымы біртекті қатты ерітінді болады. Осыған ұқсас жағдай орын алған барлық қорытпалар, оңға қарай орналасқан нүктеден F, айырмашылығы тек, қатты а ерітіндінің орнына, ал оларда қатты ерітіндінің р кристалдары бөлінеді.

Қорытпалар орналасқан аралықтағы F нүктесі арасындағы проекциялық D нүктесінен, алғашқы кристалдану интервалындағы ликвидус және солидус арасында ұқсас бұрын сипатталғаны бойынша ағады. Бұл қорытпалар кристалдану аяқталғаннан кейін қиылысу сызығымен DF біртекті құрылымы қатты р ерітіндіге ие (мысалы, қорытпа IV интервалындағы нүктелердің арасындағы 2 және 3). Одан әрі сол салқындату осы қорытпалар (мысалы, қорытпаның IV төмен 3 нүктесінен) дейін толық салқындату құрылымында осы қорытпалардың өзгерістері болып жатыр, қатты ерітіндінің бөлумен байланысты р екінші фаза a_n (мысалы, қорытпаның IV), азаюы ерігіштік шегін қатты ерітіндінің р төмендеген кезде температура қорытпа себебі пайда болады. Бұл еңіс қисықтың DF сипатын көрсетеді. Температура төмендегенде қатты ерітіндісі р қайта айналуға компонент А, келтіру үшін жүйенің тепе-теңдік, осы қатты ерітіндінің р артық А ерігілген компоненттен бөлінеді. Алайда, қарастырылып отырған жүйеде таза компоненттер болуы мүмкін емес дербес фаза (олар қатты ерітінділер құруы тиіс), артық кристалдардың базасында А компонентін бірден қатты а ерітіндісі құрылады, кристалдар болып қатты р ерітінділер бөлінеді және майда дисперсиялық түрінде қоспалардың ішіндегі ноқаттың негізгі фазалары болып орналасады. Мұндай артық кристалл емес сұйықтық бөлініп шығатын, ал қатты фазаның белгіленіп, a_n (екіншілік а-кристалдар), ал бөліну процесіне жаңа фазаның қатты күйі *екінші кристаллизация* деп аталады.

Е және N нүкте шекті ерігіштігін сипаттайтын компоненті В компонентінде А, немесе шекті ерігіштігі қатты ерітіндісі кезінде эвтектикалық және бөлмелік температурада, а нүктесінен D және F— шекті ерігіштігі компонентінің А және В компонентінде, яғни шекті ерігіштігі қатты ерітіндінің р, сондай-ақ эвтектикалық және бөлме температурасында сипаттайды. Көріп отырғанымыздай, шекті

ерігіштігі қатты ерітінді емес температураның төмендеуімен өзгереді (желі EN— тік), ал шекті ерігіштігі қатты ерітінді (3 сағат ауа температурасының төмендеуіне байланысты азаяды (желі DF— еңкіштігі).

Е және D нүкте шекаралары ED сызығы болып табылады және эвтектическое айналдыру шегінде ағады, а нүктесі — эвтектикалық нүктесі болады. Демек, барлық балқытуға орналасқан шекаралары шегінде эвтектикалық желісі және эвтектикалық айналдыру өтеді, I түрдегі диаграммаларда ұқсас жай-күйін айырмашылығы тек, осы жағдайда эвтектика механикалық қоспалар компоненттерінен тұрады, сондай-ақ механикалық қоспалар және олардың қатты ерітінділерін а және 3 орын алады. Бұл жағдайда, бұл қатты ерітінділер компоненттері қорытпалар үшін бөлігінің диаграммалары, ол шектелген ұзындығы эвтектикалық желісі болып табылады. Тиісінше, эвтектиканың мынадай түрі болады Э ($\alpha+\beta$), ал эвтектикалық реакция жазылуы мүмкін: $J \rightarrow \alpha_F + \beta_n$. Қорытпа компоненттерінің концентрациясы және тиісті нүктенің проекциялары, яғни қорытпа құрамын нүктелер *эвтектикалық* деп аталады.

Барлық қорытпалар орналасқан арасындағы нүктелер С және Е *дозэвтектикалық* деп аталады. Олардың кристалдануының басталуы кристалдардың қатты ерітіндісінің бөлінуі болады (мысалы, қорытпаның IIв 1 нүктесінде). Кристалдану аралығында (мысалы, 1 және 2 нүктелердің арасындағы) осы қорытпалардың екі фазалы құрылымы Ж+а болады. Желіде ЕС (мысалы, 2 нүктесінде) доэвтектикалық балқытуға эвтектическая реакция бөлігіне сұйықтық Ж болады, қорытпадағы осы кезге тағы қалды (оның санын кесінділер ереже бойынша анықтауға болады). Сондықтан доэвтектикалық қорытпалардың эвтектикалық реакциясын мынадай түрде жазуға болады: $J + \alpha \rightarrow \alpha + \text{Э}(\alpha+\beta)$. Мұндай қорытпалар түпкілікті салқындатудан кейін құрылымы мынадай болады $\alpha + \text{Э}(\alpha+\beta)$.

Барлық қорытпалар орналасқан нүктелер арасындағы С және D *эвтектикалық* деп аталады. Олардың кристалдануы қатты ерітінді 3 кристалдардың бөлу басталуы болады (мысалы, қорытпаның IIIв 1 нүктесінде). Кристалдану аралығында (мысалы, қорытпаның III 1 және 2 нүктелердің арасындағы) бұл қорытпалары бар екі фазалық құрылымын Ж+β. Желіде CDу эвтектикадан соң қорытпалардың эвтектикалық реакциясы болады, бұл реакция доэвтектикалық қорытпалар, немесе $T + 3 \rightarrow 3 + \text{Э}(\alpha + 3)$. Бірақ одан әрі салқындату эвтектикадан соң қорытпаларды келесі айналдыру олардың құрылымы болады, олардың бұл эвтектиканың алдында балқытуға мамандандырылады. Себебі осы айналу еңіс сипаты желісі DF болып табылады. Айтылғандай бұрын көрсетілгендей, еңкіш қисық сипаты ерігіштік компонентінің А компонентінде (желі DF) температураның төмендеуі шекті Ав В ерігіштігі А санынан аз болады, ол қазіргі уақытта қорытпада бар. Сондықтан, қатты ерітінді 3 бөлініп екіншілік а-кристалдар a_n болады.

Демек, барлық эвтектикадан соң қорытпалар төмен температура эвтектикалық айналдыру (мысалы, ыртпа III төмен 2 нүктесінен) лeсi құрылым болады: $b + \text{Э} (a + (3) + a_n)$. Бұл құрылым құрамында үш құрылымдық құрамы бар: 3, Э ($a + b$) a_n , бiрақ бұл құрылым eкi фазалық болып табылады: а-фаза мен 3-фаза.

Қорытпалардың диаграмма күйi, үзетiн химиялық қосындылары (IV рода). Бастапқы деректер:

екi компонент шектелмеген

рiгiш сұйық күйде,

рiмейтiн қатты жағдайда,

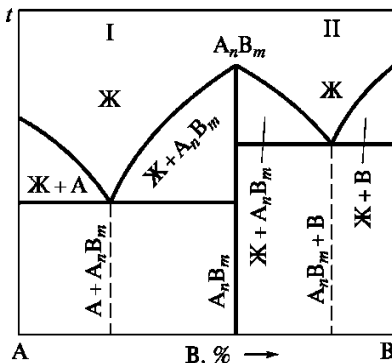
бiрақ химиялық қосылыстар құрайды. *Компонент*

элементтерi А және В ($K = 2$). Фазалар: сұйықтық ж, кристалдар компоненттерi А, В немесе химиялық қосылыстар A_nB_m ($\Phi = 3$).

Химиялық қосылыс тұрақты болуы мүмкiн немесе қорытпаның балқу кезiнде қыздыру кезiнде жайылмайды. Сәйкесiнше тұрақты химиялық қосылыс қыздырғанда жайылады.

Диаграмманың тұрақты химиялық жалғанған жай-күйiн қарастырайық. Мұндай диаграммасы 3.15.суретте бейнеленген. Диаграмма үлгiсi қорытпалардың күй диаграммасы жүйе Mg—Ca болып табылады. Химиялық қосылыстар (мысалы, A_nB_m) сипатталады белгiлi бiр ара қатынасымен компоненттерiн (мысалы, $n\%$ компонент А және $m\%$ В компонент). Компоненттердiң осiне концентрациясын (абсцисс осi) химиялық қосылыс нүктенi бiлдiредi, содан соң тiк сызығы шығады, нақты жарған диаграмманы екi қарапайым диаграммалар, онда химиялық қосылыс ретiнде қазiрдiң өзiнде дербес ретiнде компонент және, тиiсiнше, эвтектика құрады компонентi бойынша реакция $Ж \wedge A + A_nB_m$ (I қарапайым диаграмма) компонентi бойынша реакция $Ж \wedge A_nB_m$ (II жай диаграммасы).

Қорытпалардың кристалдануы шегiнде қарапайым диаграммалар I және II ұқсас кристалдану қорытпалар өтедi, эвтектикалық таза компоненттерiн құрайтын (диаграмма I жақ). Сондықтан жақсылап суытқаннан кейiн эвтектикалық қорытпаның қарапайым диаграммада I құрылымынан тұратын тек эвтектика болады Э ($A + A_nB_m$), эвтектикалық қорытпаның қарапайым диаграммада II — эвтектики Э ($B + A_nB_m$); эвтектикадан бұрын қорытпалардың тиiсiнше қарапайым диаграммада I және қарапайым диаграммада II құрылым түрi болады: $A + \text{Э} (A + A_nB_m)$ және $A_nB_m + \text{Э} (B + A_nB_m)$; эвтектикалық қорытпаларынан жасалған қарапайым диаграмма I — $A_nB_m + \text{Э} (A + A_nB_m)$ және эвтектикалық қорытпаларынан жасалған қарапайым диаграммада II — $+ \text{Э} (B + A_nB_m)$.



Сурет 3.15. Диаграммның күйi

тұрақты химиялық қосылысымен байланысты

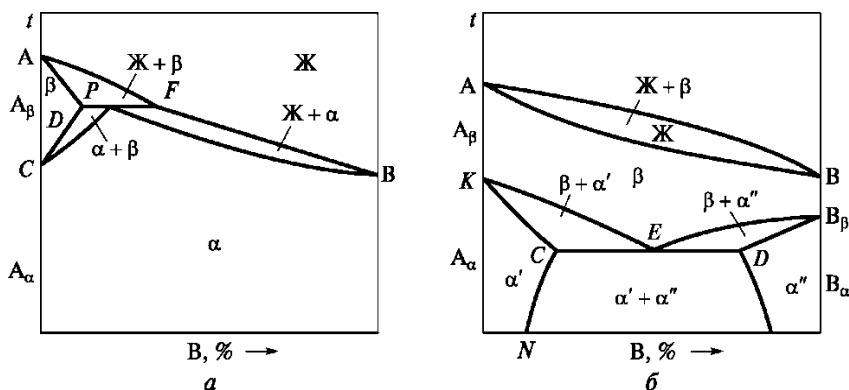
Қорытпалардың диаграммасының күйі, полиморфты айналу сынап көру. Бастапқы деректер: екі компонентті шектелмеген ерігіш сұйық күйінде де, қатты күйінде механикалық қоспаларды айналдыра алады, нәтижесінде эвтектикалық немесе перитектикалық айналдыру, сондай-ақ айырылмайтын қатты ерітінділер құруы мүмкін емес және басқа аталғандардың барлығы, ең болмағанда біреуі компоненттеріне ие полиморфизым болады. Компоненттері: химиялық элементтер: А, ($K = 2$). Фазалар: сұйықтық Ж, қатты ерітінділер а, б ($\Phi = 3$).

Полиморфты өзгерістері кезінде балқытуға қайта кристалдануы бар қатты фазалар жүреді, сол заңдылықтарын анықтайтын үдеріс кристалдану сұйық жай-күйі болады.

Егер балқытуға бір немесе екі компонентіне ие полиморфизмге, онда қорытпасы өздері осы компоненттердің жағдайы полиморфты қатты күйіне айналдыру. Бұл жағдайда диаграмма жай көп қабатқа айналады, әрі жоғарғы қабаты диаграммаларды сипаттайды бастапқы кристалдану сұйық жай-күйін, ал төменгі бөлігі диаграммалар — екінші (кристалл өткізуді), немесе бөлу кристалдардың жаңа қатты фазаның бірі қатты бастапқы фаза, мысалы, кристалдардың қатты ерітінді а және з бастапқы қатты ерітіндінің бс басқа кристалдық тормен бөлінеді.

Жалпы жағдайда диаграммалар түріне қаралып отырған жағдайдың қандай байланысты фаза балқыту процесінде полиморфных түрлендірулер түзіледі. Ықтимал нұсқаларының көп болуы мүмкін.

Бірінші жағдайда (3.16 сурет, а) А компоненті бар аллотропикалық түрлендіру A_a және Ар В компонентін құрайтын екі қатты ерітінді а және б.



Сурет 3.16. Диаграммалары полиморфты айналуымен бастап:

ал — полиморфты түзуде А компоненті; б — полиморфты айналу А және В екеуінің де компоненттері болады

Қорытпалардың кристалдануы аралығында кристалдануды ескере отырып, перитектикалық айналдыру бұдан бұрын сипатталған. Нәтижесінде қорытпалар температураға дейін тиісті нүктесінде (температура полиморфты айналдыру) бір фазалық құрылымы бар қатты ерітінді (3 немесе екі фазалық құрылымы қатты ерітінді $a+3$). Осы балқытуға салқындату кезінде төмен температура полиморфты айналдыру полиморфты айналдыру $b^{\wedge}$ ал өзгеруіне кристалдық торлар өтеді.

Екінші жағдайда (3.16 сурет, б) екі компоненті полиморфты айналу кезінде төмен температуралы түрлендіру олардың бір-бірімен ерігіштігі әрекеті шектеулі, ал жоғары температуралық түрлендіру — шектелмеген.

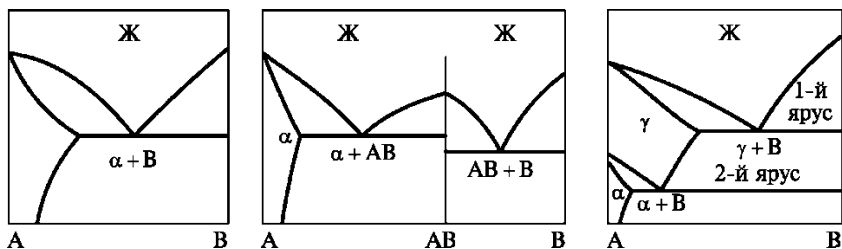
Бөлшектерде кристалдану процесі балқымалардың сұйық жай-күйіне тоқтала отырып, бұл туралы төменгі қабатта диаграммалар нақты ұсынылған диаграмманың III түрі немесе диаграмма біліммен шектелген қатты ерітінділер мен эвтектикалық айналдыру ағымы. Алайда, осы эвтектикалық айналдырудың ерекшелігі мынада: бастапқы фаза Ж сұйықтық ыдырау болып табылмайды, ал қатты g ерітінді, KCN өткенде екі жаңа ерітіндісін ыдырайды және b реакциялар $g^{\wedge} a+3$.

Мұндай айналдыру, мәні бойынша эвтектикалық ұқсастығы, бірақ оқиғаларды қатты күйі *эвтектоидты* деп аталады, ал алынған механикалық қоспа — *эвтектоидты*. Қорытпа құрамы, тиісті С нүктесінде, эвтектоидты деп аталады. Қорытпалар, сол нүктеде орналасқан (қорытпа эвтектоидты құрамы) доэвтектоидты деп атайды, ал оң жағында орналасқан эвтектоидты деп аталады.

Жинақталған мәліметтер бойынша екі нұсқаларында диаграмманың жай-күйі. Зерделеу кезінде күрделі қос қорытпалардың күйі диаграммаларын негізінде нақты компоненттердің (металдар және бейметалдар) көру оңай емес, оларға сол үлгі диаграмма нұсқалары қарастырылды. Бұл анықталады, өйткені мұндай күрделі диаграммалар, әдетте көп қабатты және оларда бірнеше эвтектикалық және эвтектоидты айналу, ал шектелген қатты ерітінділер іс жүзінде әрқашан өзгертеді және өз ерігіштігі температураның бұл бірнеше қабаттар диаграммалар болып табылады.

Үдерісті бірнеше есе жеңілдетуді қарастыру күрделі диаграммалардың жай-күйіне мәліметтер келтіреміз, бұл үдерісті жеңілдетуге рұқсат береді.

1. Диаграмманың көлденең изотермиялық кесіндінің қатысуы (немесе бірнеше көлденең сызықтар әр түрлі қабаттардан) эвтектиканың бар екендігі туралы (эвтектоидты) немесе перитектикалық айналдыру. Бұл ретте, егер диаграммада шекаралары шегінде көлденең кесіндіні бөлуге болатын байланыс желісін жоғары және бұрышпен желісі бір-біріне, төмен



Сурет 3.17. Эвтектикалық айнарудың мысалдар үлгісі (эвтектоидты):

көлденең сызықтың құрылымында қорытпаның эвтектика міндетті түрде бар (егер үстінен көлденең сызық болатын сұйық фаза) немесе эвтектоид (егер үстінен көлденең сызық болатын қатты фаза). Мысалдар мұндай түрлендірулер 3.17 суретте ұсынылды.

2. Доэвтектикалық (доэвтектоидты) және заэвтектикалық (заэвтектоидты) қорытпалар толық салқындатудан кейін бар құрылымы, эвтектикадан тұратын (эвтектоидта) және бір немесе екі фазалардан артық. Бір артық фаза бар болған жағдайда қорытпаның компоненттері ешқандай қатты ерітінділерін құрамайды, не шектелген қатты ерітінділер құрайды және олардың шекті ерігіштігі емес, ауа температурасының төмендеуінде азаяды (желі шекті ерігіштік параллель ордината осі бойында орналасқан). Бұл ретте, егер бір артық фазасы бар және оны анықтау оңай. Доэвтектикалық (доэвтектоидты) балқытуға бұл фаза, сол жақ бастап шетімен эвтектикалық (эвтектоидты) желісі, заэвтектикалық (заэвтектоидты) балқытуға мамандандырылады — фаза, тиісінше сақтандыру шетімен эвтектикалық (эвтектоидты) желісі анықталады.

Диаграммада әр түрлі деңгейлерде орналасқан эвтектикалық және бірнеше эвтектоидті түрлендірулер болған кезде, жоғарыда көрсетілген ұстанымдар жоғарыда сипатталған принциптерге сәйкес өз деңгейлерінде жұмыс істейді.

Егер диаграммада шектелген қатты ерітінділері бар болған кезде немесе бір сызықтың еңкіштігі болған жағдайда (бірнеше көлбеу сызықтары) шығыс нүктесінен шекті ерігіштік компоненттердің қатты ерітіндісінде орналасқан. Көлденең сызықтың шекараларында эвтектикалық (эвтектоидты) айналыру болады және оның құрылымы салқындатылған бөлме температурасына дейін эвтектикаға дейін (эвтектоидқа дейін) немесе эвтектикадан кейін (эвтектоидтан кейін) қорытпалардың тағы бір артық фазасы қатысады да тағы да бірнеше артық фазалардың пайда болуына ықпал етеді. Содан соң оларға байланысты қатты ерітінділер температуралар төмендеген кезде қорытпаларды осы ерітіндінің ерітілген компоненттерінің артық санын бөліп алады.

Жалпы құрамы жағынан артық фазаны оңай табуға болады. Егер бұл фаза әрқашанда эвтектикалық айналым (эвтектоидты) желісінің соңында қарама-қарсы болып орналасқан. Бұл артық фаза әдетте тиісті индексмен былай белгіленеді ($a_{IbPш}$ және т. б.), оны бөлу кезінде бастапқы кристалдану кезінде емес қайта кристалдану немесе кристалдардың жаңа фазасы қатты күйі бойынша бөлінуіне ықпал етеді.

Диаграммада және ең болмағанда бір эвтектоидты түрлену болған жағдайда, сондай-ақ ерігіштік өзгерістер белгілері аймағының шегінде өтуі тиісті шектелген қатты ерітінділер, әрбір осы айналу бөлінетін екінші артық фаза болады, ол нөмірленеді, өзінің индексмен (a_{II} , b_{III} және сол сияқты.). Бұл ретте принциптері құрамын анықтау және әрбір артық фазалар шегінде тиісті қабаттың осындай бір қабатымазмұндалған.

3. Фазалардың күй диаграммасы саны анықтау үшін және құрылымдық құрайтын қатысып отырған құрылымында қорытпасынан кезінде нақты температура, негізге мынадай ережелер алу керек.

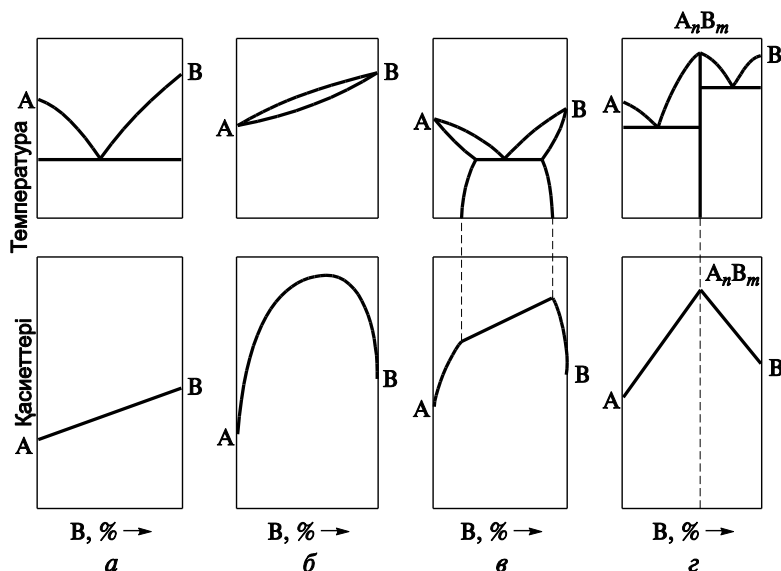
Компоненттердің өздері қатты фазалар болады және химиялық қосылыстар негізінде, егер қатты ерітінділер негізінде осы компоненттер және олардың химиялық қосылыстары түзілмейді. Қатты ерітінділерді құрған кезде негізінде компоненттері мен олардың химиялық қосылыстар фазалар бұл қатты ерітінділер болып табылады. Механикалық қоспаның компоненттерін қоспасынан, оларды химиялық біріктіру немесе олардың қатты ерітінділерін нәтижесінде пайда болатын ағу эвтектикалық (эвтектоидты) немесе перитектикалық реакциялар фазалар емес болып табылады, ал құрылымдық құраушылары білдіреді. Сонымен қатар, саны құрылымдық құрайтын барлық фазалары жатады (екінші, үшінші және т. б.) пайда болатын балқыту процесінде олардың қатты күйінде қайта кристалдауы болып табылады. (мысалы, a_{II} , b_{III}).

Қорытпалар қасиеттері және диаграммалар типтерінің жай-күйі арасындағы байланысы.

Диаграммалар типті жай-күйі мен қасиеттері бар қорытпалар белгілі бір өзара байланысы бар, оны алғаш рет белгіледі Н. С. Курнаков. Сызба түрінде бұл сызба 3.18 суретте ұсынылған.

У қорытпалар, кристаллданушы эвтектикасы бар барлық диапазонында шоғырлануы (I текті диаграммалар), қасиеттері бойынша интервалы арасында желілік заң бойынша таза құрамдас қасиеттері өзгереді (3.18 сурет, а).

У қорытпалар, үздіксіз қатты ерітінділердің пайда болуымен кристаллданады (II текті диаграммалар), қасиеттері қисығы бойынша барынша өзгереді, біршама компоненттер қасиеттерінен ерекшеленеді (3.18 сурет, б).



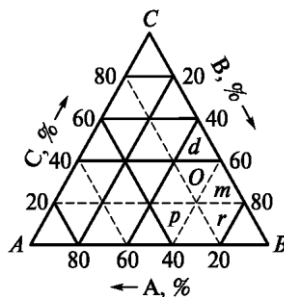
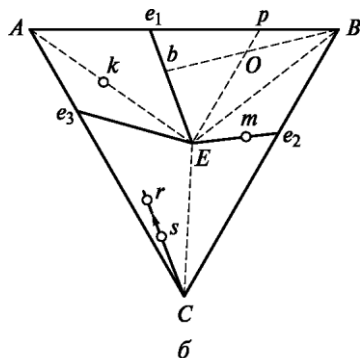
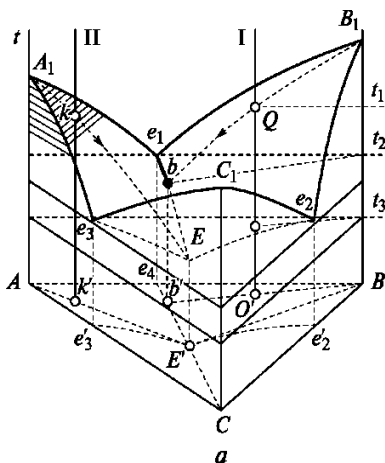
Сурет 3.18. Диаграммалар арасындағы жай-күйлердің өзара байланысы I, II, III, IV түрлері (а, б, в, г байланысы) және қорытпалардың қасиеттері бар (Н.С.Курнаков қасиеттері бойынша)

Шектелген қатты ерітінділер пайда болған кезде (диаграммалардың III түрі) қорытпалардың қасиеттері саласында қатты ерітінділердің бір фазалы қисық сызықты заңына өзгереді, ал екі фазалық аумағы бойынша тікелей сызықты заңына, әрі соңғы нүктелері түзу таза фазалардың қасиеттері болып табылады (3.18 сурет, в).

Егер кристалдану кезіндегі қорытпалардың химиялық бірлігі қасиеттері құрылады (диаграммалардың IV түрі), балқыманың концентрациясы кезінде компоненттердің химиялық қосылыстары бірігеді және барынша көп (немесе аз) қисық сынған қасиеттеріне тиісті болып өзгереді. Нүкте қисық сынық тиісті құрамы химиялық қосылыстар сингулярной нүктесі (3.18 сурет, г) деп аталады.

Қорытпалардың диаграммасының үш күйінің компоненттері туралы түсінік. Қорытпалардың диаграммалары үш компоненттері күйін білдіретін кеңістіктік фигуралар негізінде қабырғалы үшбұрышқа тең орналасқан (3.19 сурет). Бұл үшбұрыш концентрациялық деп аталады. Концентрациялық үшбұрыштың ең жоғарғы жағында жүйелердің үш компоненттері орналасқан: А, В, С. Үшбұрыштың жанына осы компоненттердің концентрациясын қалдырады. Үшбұрыштың АВ, ВС, СА жақтары концентрациялық осінің А — В, В — С — А екі жүйелерін білдіреді. Әрі $AB = BC = AC = 100\%$.

Үшбұрыштың ішіндегі әрбір нүктесі қатаң нақты үш компонентті қорытпалардың құрамына сәйкес келеді. Әрбір үштік қорытпадағы

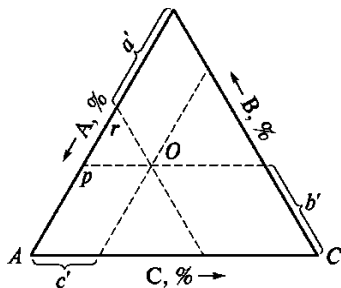


Сурет 3.19. Кеңістіктік диаграммасы күйінің үштік жүйенің, компоненттері іс жүзінде өзара ерімейтін қатты күйінде (а), проекция желісі үш диаграммалар жазықтық концентрациялық үш бұрыштаманың (б) концентрационды үшбұрыш (в) компоненттердің В

шоғырлану үш құрамдас тұрақты шама

болып табылады және 100 % тең болады ($\% A + \% + \% = 100 \%$).

Қорытпаның үш есе концентрациясы ереже бойынша үш кесінділердің анықтау схемасы (3.20 сурет) Ю. А. Геллермен ұсынылды. Бұл үшін О нүктесі арқылы сызық жүргізеді (мысалы, Ор және Or), параллельді үшбұрыш екі тараптарға (мысалы, АС және ВС) шыға отырып, осы желілердің үшінші тараптары болады. Тиісінше, бұл үшінші тарап (мысалы, АВ) осы сызықтармен үш бөлікке бөлінеді (мысалы, Ар, рг және гВ). Бұл ретте, ұзындығының орта бөлігі (мысалы, рг) компонентінің мазмұнын көрсетеді, қарама-қарсы орналасқан кесіндінің үстіне (мысалы, компонент); ұзындығы төменгі бөлігінің (мысалы, Ар) мазмұнын көрсететін компонент 3.20. Суретте орналасқан.



Анықтау схемасы қарама-қарсы АВ тараптардың соңында (мысалы, қорытпаның концентрациясы В компоненты); ал концентрацияның ұзындығы қалыптасу бөлігінің (мысалы, гВ) үшбұрышы сондай-ақ соңында қарама-қарсы АВ (мысалы, компонент А) компонентің мазмұны болады.

Бақылау сұрақтары

1. Қорытпа дегеніміз не?
2. "Фаза" түсінігіне анықтама беріңіз.
3. Фаза және құрылымдық құрамдас бөлігінде қандай айырмашылық бар?
4. Металдар мен қорытпалардың беріктендіруде қандай әдістерді қолданады?
5. Қорытпадағы компоненттер өзара қалай әсер етуі мүмкін?
6. Қорытпалардың күйі диаграммалардың негізгі түрлерін атаңыз.
7. Механикалық қасиеттері бір-бірімен және диаграмма түрі қорытпаның жай-күйі қалай байланысты?
8. Механикалық қоспа түзетін компоненттер өзара байланысы қалай болады?
9. Компоненттер құрайтын диаграммада шексіз қатты ерітінділерде қанша фаза бар?

ТЕМІР ЖӘНЕ ОНЫҢ ҚОРЫТПАЛАРЫ

4.1. Темір-көміртекті жүйесінің күйінің диаграммасы

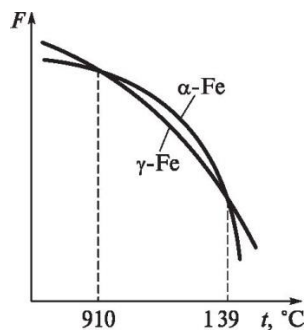
Жалпы мәліметтері. 1868 ж. Д. К. Чернов «Сыни мақалаларға шолу жұмыстарын жасағанда Лавров және Калакуцки «болат туралы және болат құралдары және меншікті зерттеу» Д. К. Чернов осы пән бойынша болаттың критикалық нүктелерінің қажеті болуын, осылайша, зерделеу барысында темір—көміртек диаграммасын оқытуға ат салысқан.

Темір көміртегімен бірқатар химиялық қосылыстар түзеді: Fe_3C , Fe_2C және т. б. Жағдайының диаграммасын темір — көміртек, әдетте, цементитті Fe_3C қосу үшін көрсетеді, құрамында 6,67 % көміртегі бар. Қорытпалар жоғары көміртегі құрамы бар кезде өте нәзік және практикалық қолдануы жоқ. Басқа цементиттің осы жүйеде темір—көміртегі графитті түзеді.

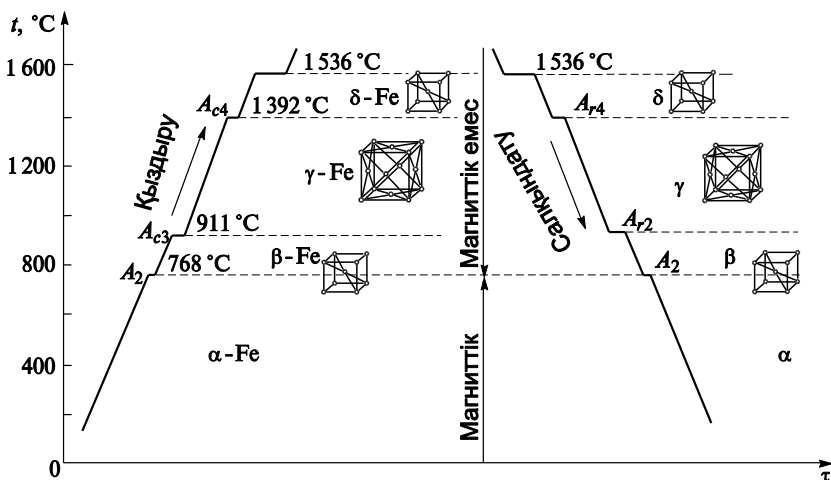
Темір — цементит — тұрақты жүйесі. Цементит — термодинамикалық тұрақты фаза графитпен салыстырғанда, бірақ кинетикалық цементиттің пайда болуы неғұрлым ықтимал. Сондықтан, темір жағдайының диаграммасын — цементит темірдің тұрақты диаграммасы, ал темір диаграмманы—графит — тұрақты деп атайды.

Темірді көміртегімен балқытудағы компоненттері мен фазалары. Темір — күмісті-сұр түсті металл, VIII тобында тиесілі. Кезеңдік жүйелер, атомдық массасы 55,85, тығыздығы 7,86 г/см³, балқу температурасын 1 536 °C-Таза зертханалық темір құрамында артық емес 0,0001 % (10-4%) қоспалар, техникалық таза — шамамен 0,1...0,15%. Техникалық темірдің беріктігі төмен: $\sigma_b = 250$ МПа кезінде пластикалық жағдайы жоғары $\delta = 50$ %, $\psi = 80$ %.

Темір қатты екі полиморфных модификация күйде болуы мүмкін: ККО және КШО. Бірі схемасының өзгеруі еркін энергия (4.1 сурет) керек, бұл температуралар аралығында 911.1 392 °C аз бос энергия мен үлкен тұрақтылық бар-темір кристалды ККО-торы. 911 °C температурасынан төмен және одан жоғары 392 °C.



Сурет 4.1. Температураға t байланысты КШО құрылымды темірдің полиморфты



Сурет 4.2. Қысық қыздыру және салқындату темір

Температурасы жоғары α - темірдің модификациясын кейде 5 - темір деп те атайды, дегенмен ол жаңа кристалдық фазаны білдірмейді.

Темірдің суу сызығы екі полиморфты және бір магнитті өзгеруді тіркейді (сур. 4.2). Магнитті өзгеру кезінде температураның 768 °C тоқтауы кристалдық тордың қайта құрылуы және қайта кристалданумен байланысты емес, ол атомішілік магниттік қасиеттердің өзгерісіне әкеп соғатын электронды қабаттардың сыртқы және ішкі өзгерістерімен байланысты.

Көміртегі Периодтық жүйенің IV тобына жатады. Көміртегі табиғатта екі түрлі негізгі модификацияда кездеседі: алмаз және графит. Көміртегінің атомдық массасы 12, графиттің тығыздығы 2,25 г/см³, балқу температурасы 3 500 °C. Графит гексагоналды қабатты кристалды торға ие. Графит — жұмсақ материал және беріктігі төмен. Графиттің беріктігі температура жоғарылаған сайын ерекше жоғарылайды: температура 20 °C $a_{\text{в}} = 20$ МПа, ал температура 2 500 °C болса графит барлық баяу балкитын металдардан да мықтырақ болады.

Көміртегі темірмен бірігіп қатты енгізу ерітінділерін түзеді. Көміртегінің темірдегі ерігіштігі оның кристалдық формасына байланысты. Кристалданған ККО-торлардың тесігінің диаметрі КШО – торларындағы тесіктердің диаметріне қарағанда едәуір кіші. Сондықтан α -темір көміртегіні өте аз мөлшерде ғана еріте алады, ал γ -темірде көміртегінің еруі едәуір жоғары болып келеді. ККО-тордың октаэдриалық кіші мөлшерлі тесіктерінің көміртегінің аз еруіне әсер етіп қана қоймай, оның октаэдриалық тесігі симметриялық емес – ол жақын жатқан атомдардың әсерінен бір ось бойымен созылған, соның ішінде куб ортасында, бұл да оның ерігіштігін төмендетеді.

Темір-көміртегі жүйесінде келесі фазалардың болуы мүмкін: сұйық фаза, а - темір негізінде (феррит) және g - темір негізінде (аустенит) қатты ерітінділер, Fe_3C (цементит) және графиттің химиялық қоспалары.

ФЕРРИТ (Ф), а - темірге көміртегіні енгізу арқылы пайда болатын қатты ерітінді Fe_α деп белгіленеді. 727°C температурада көміртегінің ферритте $0,02\%$ жоғары ерігіштігі байқалады; ал 20°C температурада ферритте шамамен көміртегінің $0,006\%$ ериді. Ферриттің қасиеттері таза темірдің қасиеттеріне жақын.

АУСТЕНИТ (А) — g - темірге көміртегіні енгізу арқылы пайда болатын қатты ерітінді, Fe_γ белгісімен белгіленеді. $1\ 147^\circ\text{C}$ температурада аустениттің құрамында $2,14\%$ -ға дейін көміртегі, ал 727°C — $0,8\%$ көміртегі болады.

Ферритте және аустенитте алмастырушы қатты ерітінділер құра отырып, олардың қасиеттерін күрт өзгерте алатын көптеген қушы элементтер еруі мүмкін. Сонымен қатар, қосу осы фазалардың пайда болу шекарасының температурасын едәуір өзгерте алады.

ЦЕМЕНТИТ (Ц) — темір карбиді Fe_3C , оның құрамында көміртегінің $6,67\%$ бар. Цементиттің балку температурасы 1252°C . Цементит өте жоғары қаттылыққа ие (шамамен 800 НВ), шынының бетін тырнайды, өте нәзік, мүлдем иілгіш емес, тығыз оралған атомдары бар күрделі ромбты торға ие. Қыздырғанда цементит ыдырайды.

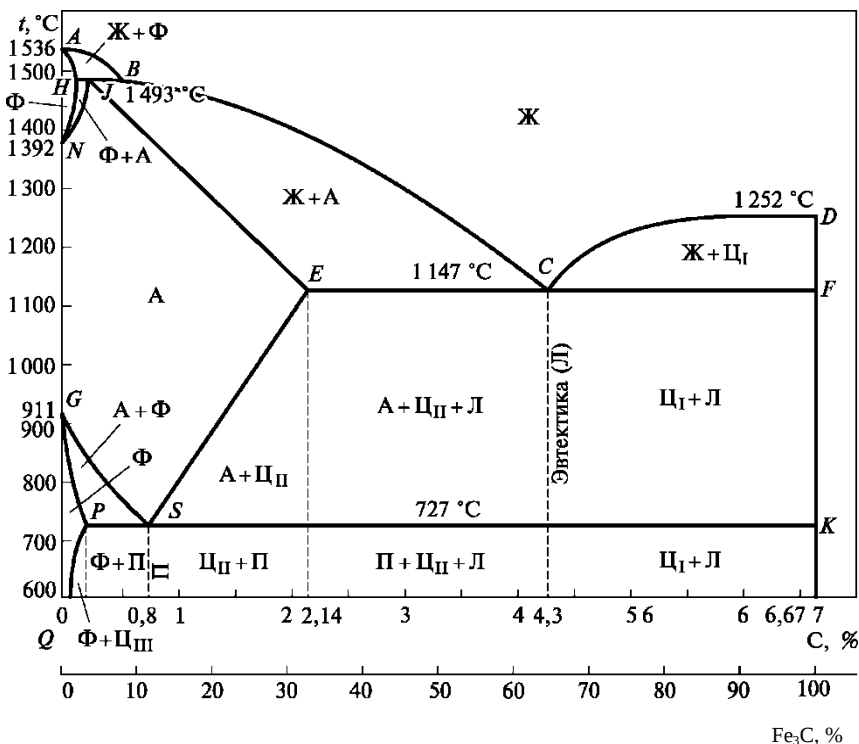
Темір - цементит жағдайының диаграммасы (метастұрақты жағдай). Темір - цементит жағдайының диаграммасы ($\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$) 4.3 суретте көрсетілген. *ABCD* сызығы —ликвидус сызығы, *АНЕСС* сызығы — солидус. *А* нүктесі темірдің балку температурасына ($1\ 536^\circ\text{C}$), *В* нүктесі — цементиттің балку температурасына ($1\ 252^\circ\text{C}$) сәйкес келеді. *Н* және *С* нүктелері темірдің полиморфты өзгеру температураларына сәйкес келеді.

$\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$ жүйесінде әр түрлі қатарда эвтектидті және эвтектоидті өзгерулер пайда болады. *ЕСС* сызығы бойынша $1\ 147^\circ\text{C}$ температурада эвтектидті өгеріс пайда болады: $\text{Ж}_\alpha + \text{А}_\gamma + \text{Ц}_\beta$. Пайда болған эвтектика ледебурит деп аталады.

ЛЕДЕБУРИТ (Л) —аустенит пен цементиттің механикалық қоспасы, құрамында $4,3\%$ көміртегі болады.

PSK сызығы бойынша 727°C температурада происходит эвтектоидті өзгеру пайда болады: $\text{А}_\gamma + \text{Ц}_\beta + \text{Ф}_\alpha$, нәтижесінде құрамында $0,8\%$ көміртегі бар аустениттен феррит пен цементиттің механикалық қоспасы пайда болады. Эвтектоидті өзгеруі эвтектиканың кристаллдануына ұқсас, бірақ ол сұйық емес, қатты ерітіндіден пайда болады. Пайда болған эвтектоид перлит деп аталады.

ПЕРЛИТ (П) — феррит пен цементиттің механикалық қоспасы, құрамында $0,8\%$ көміртегі болады. Перлит ферритті негіздегі цементит таспалардан тұрады, меруерттей (перлаутр) жылтыр, осыдан оның атауы — перлит. Перлиттің түйіні цементит пен ферриттің параллель таспаларынан тұрады.



Сурет 4.3. Темір – цементит жүйесі жағдайының диаграммасы:

A — аустенит; Ж — сұйық ерітінді; Л — ледебурит; П — перлит; Ф — феррит; Ц — цементит; Ц_I, Ц_{II}, Ц_{III} — сәйкесінше алғашқы, екінші және үшінші цементит

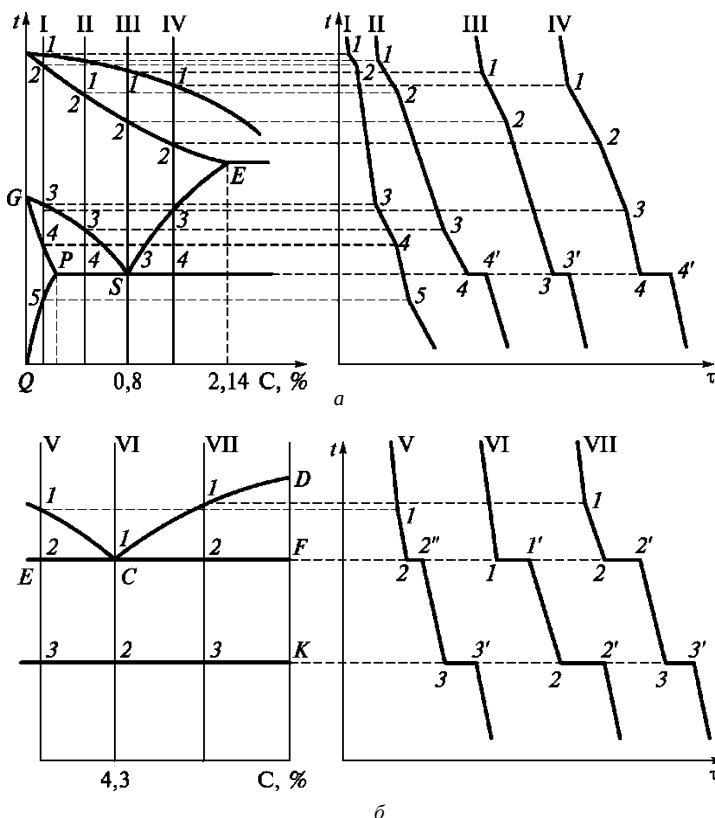
Цементиттің құрамы қаттылау және ірілеу болған сайын, перлиттің механикалық қасиеті нашарлау болады.

Ледебуриттің құрамына кіретін аустенит, 727 °C температурада эвтактоидті өзгеріске енеді. Сондықтан 727 °C төмен температурада ледебурит перлит пен цементиттің механикалық қоспасынан тұрады.

Жиі жеңілдетілген диаграмманы қолданады (перитектикасыз), себебі құрамында 2,14 % - ға дейін көміртегі барлық қорытпалар, кристалдану аяқталған соң аустенитті құрамға ие болады.

4.4. суретте құрамында 0,02; 0,5; 0,8; 1,7; 3,5; 4,3; 5,5 %-дан төмен көміртегі бар қорытпалардың салқындау сызығы келтірілген.

I қорытпа, құрамында 0,02 % көміртегі бар, іс жүзінде техникалық таза темірді білдіреді. I нүкте (сур. 4.4, а) аустениттің кристалдануының бастамасына, 2 нүкте — кристалданудың аяқталуына сәйкес келеді. Салқындау кезінде 2 нүктеден 3 нүктеге дейін пайда болған аустенитте ешқандай өзгеріс болмайды.



Сурет 4.4. Құрамында әр түрлі көлемде көміртегісі бар теміркөміртегі қорытпаларының салқындау сызықтары (I — VII) :

a — 2,14 % -ға дейін; *б* — 2,14 % - дан жоғары

Аустениттің (КШО) кристалды торының ферриттің (ККО) кристалды торына қайта құрылуы 3 нүктеден басталып, ал 4 нүктеде аяқталады. Салқындаған кезде 3 – 4 температуралар арасында аустенит құрамы *GS* сызығы бойынша, ал феррит құрамы — *GP* сызығы бойынша өзгереді. 4 нүктеден 5 нүктеге дейін өзгерістер болмайды, ал пайда болған феррит жай ғана салқындайды. *PQ* сызығы айнымалы ерігіштік сызығына сәйкес келеді. Осы сызықтан төмен қорытпа көміртегімен байытылған, осында темірмен химиялық қосылысты құрайтын артылған көміртегі бөлінеді, яғни, цементит. Салқындағанда цементит үздіксіз бөлінеді де, ферриттегі көміртегі концентрациясы *PQ* сызығы бойынша азаяды, ол бөлме температурасында 0,006% құрайды. Ферриттен бөлінетін цементит, үшінші цементит деп атайды және Π_{III} белгісімен белгілейді.

II қорытпа құрамында 0,5 % көміртек бар. Аустенит кристалдары 1 - 2 температура интервал аралығында пайда болады. Аустенит құрамы АЕ солидус желісі бойынша өзгереді, сұйық фазаның құрамы АС ликвидус желісі бойынша (4.3 сур. қарау) өзгереді. Аустениттің кристалдануы 2 нүктесінде (4.4 а сур. қарау) аяқталады, 2 нүктесінен 3 нүктеге дейін құрылымдық өзгерістер ол жерде болмайды, аустенит жай ғана салқындатылады. 3 нүктесінде аустениттен ферриттің бөлінуі басталады. Феритте көміртегі концентрациясы GP желісі бойынша өзгереді, ал аустенитте көміртегі концентрациясы - GS желісі бойынша. 4 нүктеге дейін қорытпаны салқындату кезінде аустениттің құрамы S нүктесіне, яғни эвтектоид құрамына сәйкес болады.

727 °C температурасында AS ^ FP + Цк перлитінің пайда болуымен эвтектоид айналысы жүреді. Бөлме температурасында қорытпа құрамы феррит пен перлиттен тұрады.

Құрылымдағы перлит саны қорытпадағы көміртегі құрамының өсуіне қарай 0,8 % концентрациясына дейін ұлғаяды.

Құрамында 0,8 % көміртегісі бар III қорытпа, құрамы бойынша S нүктесіне сәйкес келеді. 1 және 2 нүктелердің арасында пайда болған аустенит қорытпасы, 727 °C дейін салқындату кезінде мұндай көміртегі концентрациясымен айналысқа түспейді, ал мұндай температурада барлық аустенит перлитке айналып кетеді.

Бөлме температурасында қорытпа құрылымы бір перлиттен тұрады. IV қорытпадағы көміртегі концентрациясы 0,8 % көбірек, бірақ 2,14 % кем. 3 нүктеге дейін айналыс бұл қорытпада II және III қорытпалардағыдай. Салқындату кезінде 3-4 нүктелер арасындағы температура диапазонында аустениттің кристалл торынан қайтара цементита Ц_n пайда болуымен артық көміртек бөлінеді. Бұл кезде аустениттегі көміртегі құрамы ES желісі бойынша өзгереді. PSK ЖЕЛІСІНДЕ (4.3 СУР. ҚАРАУ) 727 °C температурасында эвтектоид айналысы болады, осы жағдайда аустенит перлитке айналады. Сондықтан бөлме температурасында қорытпа құрылымы перлит және қайталанған цементиттен тұрады.

V, VI, VII қорытпалары құрамында (4.4 а СУР. ҚАРАУ) 2,14 % -дан көп көміртегі бар. Мұндай қорытпаларды алғашқы рет кристалдандыру эвтектикалық айналыммен аяқталады, нәтижесінде құрамында 4,3 % көміртегі бар сұйық ерітіндіден ледебурит пайда болады – екі қатты фазаның механикалық қоспасы: аустенит және цементит.

V қорытпасында кристалдандыру 1 нүктеде сұйық ерітіндіден аустениттің бөлінуімен басталады да 2 нүктеде аяқталады. 1 және 2 нүктелер арасындағы температура аралығында салқындату кезінде аустенит құрамы солидус желісі бойынша өзгереді, ал сұйық фазада көміртек концентрациясы – ликвидус желісі бойынша.

1147 °C температурада 2 нүктеде сұйық фаза құрамы C нүктесіне сәйкес келеді, демек сұйық фазада 4,3 % -ке тең көміртек концентрациясы бар. 2 нүктеде сұйық және қатты фазалардың сандық қатынасы E2 және 2C кесінділерінің қатынасымен анықталады.

Кесінділердің ұзындығын миллиметрмен өлшеуге немесе концентрация айырмашылығы бойынша анықтауға болады. Егер кесінділер қатынасын 100-ге көбейтсек, пайызбен құралған сан аламыз. 1147°C температурада $\text{Ж}_\text{с} \wedge \text{А}_\text{с} + \text{Ц}_\text{F}$ эвтектикалық айналым жүреді. 2-3 аралығында одан әрі салқындату кезінде еркін құрылымды, сондай-ақ эвтектикаға кіретін (ледебурит) ретінде аустениттен екінші қайтара цементит бөлінеді.

4,3 % көміртегіні қамтитын VI қорытпадағы барлық сұйықтық эвтектикалық температурада ледебуритке айналады. Температура төмендеген кезде, аустениттегі көміртегі мөлшері ES желісі бойынша төмендейді (4.4,а-суретті қараңыз). 727°C температурасында перлит аустенитінің айналуы орын алады.

VII қорытпасында (4.4, б-суретті қараңыз) кристалдану цементит кристалдарының қалыптасуынан басталады. Бұл цементит негізгі деп аталады. Бастапқы цементит 1-2 температура диапазонында салқындау кезінде сұйықтықтан бөлінеді. Сұйықтықтың құрамы ликвидус сұйықтық сызығының бойымен өзгереді, ал 2-ші нүктеде сұйықтық құрамында 4,3% көміртек бар. Сұйық және қатты фазалар арасындағы сандық қатынас 2-тармақта F2 және C2 сегменттерінің арақатынасымен анықталады. 1147°C температура кезінде эвтектикалық өзгеріс орын алады. Сұйық астындағы қалыптасқан ледебуриттің аустениті бұрын талқыланған трансформацияларды бастан кешіреді. Бөлме температурасында VII қорытпасының құрылымы ледебурит және бастапқы цементит болып табылады.

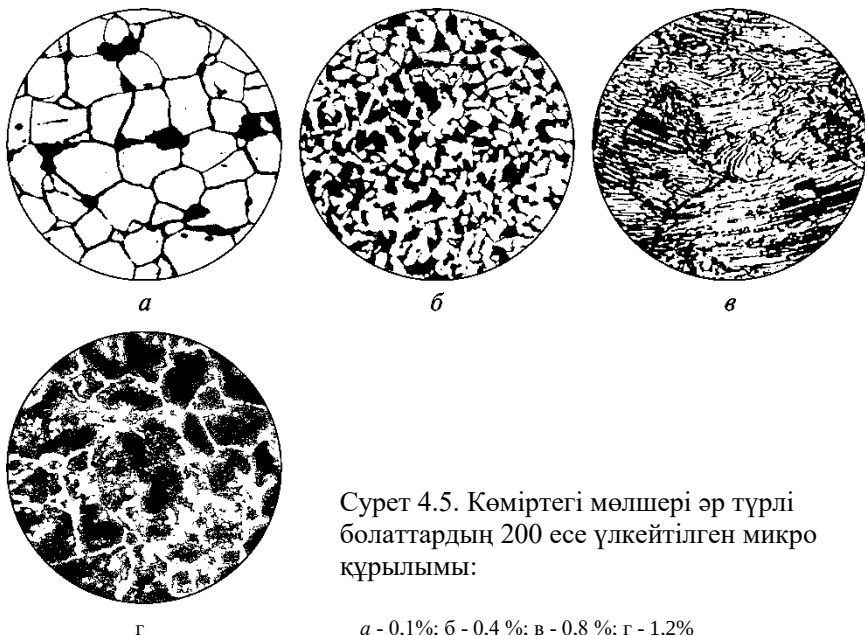
Цементитінің тұнба мөлшері мен орналасуындағы айырмашылықтары қорытпалардың қасиеттеріне айтарлықтай әсер етеді.

Бастапқы цементит Ц_I жоғары температурада тікелей сұйық фазадан шығарылады. Оның кристалдары үлкен, яғни бастапқы цементит ең өрескел ағынды береді. Қайталама цементит Ц_{II} аустениттен жеткілікті жоғары температурада және жоғары диффузия жылдамдығынан босатылады. Сондықтан қайталама цементит ноқат шекаралары бойымен тор түрінде қалыптасады. Үшінші цементит Ц_{III} салыстырмалы төмен температураларда әдетте түйіршіктер ішіндегі дисперсті кірмелер түрінде ферриттен бөлінеді. Бұл кірмелер феррит күшін арттырады.

Fe-Fe₃C жүйесіндегі қорытпаларды құрылымдық белгілері бойынша екі топқа бөледі: көміртекті болаттар және ақ шойындар.

Көміртекті болаттарда 2,14% дейін көміртегі бар және аустенит қалыптастыру арқылы кристалдануды аяқтайды. Ақ шойындарда 2,14% астам көміртек бар және эвтектика-ледебуриттің қалыптасуы арқылы кристалдануды аяқтайды.

Өртүрлі құрамда көміртегілері бар болаттар мен шойындардың құрылымдары 4.5 және 4.6. суреттерде келтірілген.



Сурет 4.5. Көміртегі мөлшері әр түрлі болаттардың 200 есе үлкейтілген микро құрылымы:

a - 0,1%; *б* - 0,4 %; *в* - 0,8 %; *г* - 1,2%

Болаттардың құрылымында нәзік эвтектиканың (ледебурит) болмауы олардың пластикалық қасиеттерін арттырады, бұл болатты қысыммен өңдеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, шойынның құрылымында жеңіл сіңіргіш ледебурит болуы олардың құю қасиеттерін арттырады.

Көміртекті болаттар құрылымы жағынан эвтектоидке дейінгі (F + P), эвтектоид (P) және гиперэвтектоид (P + C) болып табылады. Ақ шойын эвтектикаға дейінгі (A + L), эвтектикалық (L) және гиперэвтектикалық (L + C) болып бөлінеді.).

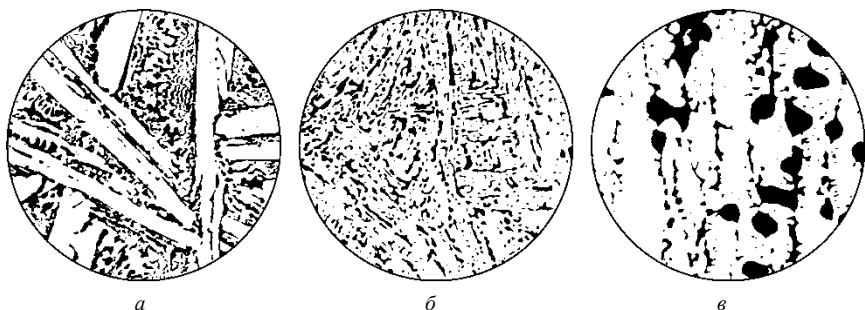


Рис. 4.6. Ақ шойынның микроқұрылымы, 200 есе үлкейтілген:

a — эвтектикаға дейінгі, көміртегі құрамы 3 %; *б* — эвтектикалық, көміртегі құрамы 4,3 %; *в* — гиперэвтектикалық, көміртегі құрамы 5 %

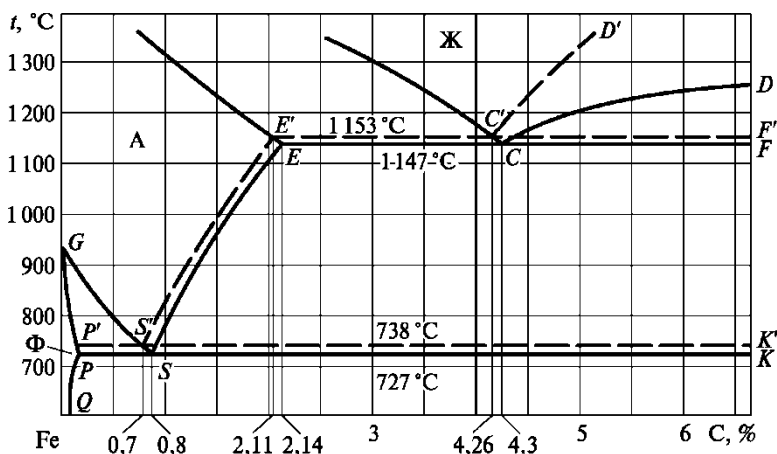
Темір - графит жүйесінің күйінің диаграммасы – графит (тұрақты күй) болып табылады. Темір-графит жүйесінің күйінің диаграммасы – графит тұрақты тепе-теңдікті сипаттайды. Графит құрамында кремнийдің көп мөлшері бар шойындарда түзіледі. Графит түріндегі көміртегі тікелей сұйық қорытпадан немесе аустениттен алдын ала пайда болған цементиттің ыдырауы есебінен бөлінеді.

Темір - графиттің (Fe-C) күй диаграммасы - графит темір-цементиттің күй диаграммасында штрих сызықтарымен көрсетілген, бұл екі диаграмманы да салыстыруға мүмкіндік береді (сур. 4.7).

АС, АЕ және GS ортақ сызықтарынан басқа екі диаграммадағы қалған сызықтар сәйкес келмейді. Fe-C тұрақты тепе-теңдік диаграммасының эвтектикалық және эвтектоидті температурасы метатұрақты Fe-Fe₃C диаграммасының сәйкес температурасынан жоғары. Fe-C жүйесінде 4,26% көміртекті қамтитын графит эвтектикасы (аустенит + графит) 1 153°C температурада қалыптасады. Қайталама графит E'S' сызығымен 1153 ... 738°C температура диапазонында бөлінеді.

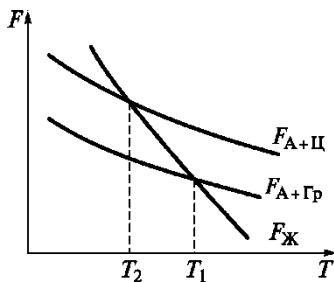
Fe-C жүйесіндегі эвтектоидті өзгеру 738°C температурада жүреді. Феррит пен графиттен тұратын эвтектоид 0,7% көміртегіден тұрады.

Темір-графитті күй диаграммасын пайдалану темір - цементит күйінің диаграммасын пайдаланумен бірдей. Сұйық фазадан немесе аустениттен метатұрақты цементит қалыптастыру ықтималдығы графитке қарағанда әлдеқайда жоғары.



Сурет 4.7. темір – графит жүйесі күйінің диаграммасы:

— Fe — Fe₃C күйінің метатұрақты диаграммасы; -----
Fe — C күйінің тұрақты диаграммасы



Сурет 4.8. Шойынның графиттенуі кезіндегі еркін энергияның F өзгеруі:

$A + Гр$, $A + Ц$, $Ж$ — сәйкесінше аустенит + графит, аустенит + цементит, сұйық қоспа

Кез-келген үдеріс термо- динамикалық және кинетикалық жағдайлармен анықталады. Графимитация процесінің қозғаушы күші - жүйенің еркін энергияны жеткізуді азайтуды қалауы болып табылады.

Сұйық фазадағы, аустенит пен цементит және графит қоспаларындағы бос энергияны өзгертудің жоғары температурадағы схемасы 4.8. суретте көрсетілген.

Оның схемасынан цементит – термодинамикалық жағынан графитке қарағанда тұрақтылығы кем фаза. Алайда 71 және 72 температуралар арасындағы айырмашылық аз және салыстырмалы түрде сәл ғана салқындағанда графит емес, цементит кристалдана бастайды.

Осы кезеңде құрылымдары аустенит пен графиттің кристалдық құрылымына өтудің басталуына байланысты. Графиттің толық көміртектен тұратынын және ал цементитте тек 6,67% ғана екендігін ескере отырып сұйық фаза мен аустениттің құрамы графитке қарағанда цементитке жақынырақ. Сондықтан сұйықтықтан немесе аустениттен графитке қарағанда, цементиттің пайда болуы кинетикалық жағынан әлдеқайда жылдам.

Графит тек төменгі салқындату жылдамдығымен, сұйық фазаның салқындау дәрежесі аз болғанда ғана қалыптасады. Сұйық шойынның жылдам салқындау және 1,147°C төмен суперсалқындау кезінде цементит түзіледі.

4.2. Көміртекті болат

Жалпы сипаттама. Темір мен көміртектің құрамында 2.14% көміртегі бар (Е нүктесі, 4.3-суретті қараңыз), ал басқа элементтердің құрамы шағын болатын қорытпаларды *көміртекті болаттар* деп атайды. Көміртекті болат аустенит қалыптастыру арқылы кристалдануды аяқтайды. Оның құрамында эвтектика (ледебурит) жоқ, соның арқасында, әсіресе, қызған кезде ол аса майысқыш, және жақсы деформацияланады.

Көміртекті болат электр пештерінде, ашық пештерде және оттегі түрлендіргіштерде балқытылған, электр пештерінде, ашық пештерде және оттегі түрлендіргіштерде көміртекті болат балқытылады. Электроболаттың ең жақсы қасиеті - құрамында зиянды қоспалардың - күкірт пен фосфор, сондай-ақ газдар мен металл емес қоспалардан таза болуында. Электроболатты ең жауапты бөліктерді өндіру үшін қолданылады.

Тотықтыру жолымен қайнайтын, жартылай тұрақты және тұрақты болаттарды ажыратамыз.

Сол көміртегі құрамы бірдей болған кезде, қайнайтын, жартылай тұрақты және тұрақты болаттар беріктік қасиеттерінің ұқсас мәндеріне ие және майысқыштық сипаттамаларының мәндерімен ерекшеленеді. Қайнамаған болаттың құрамында кремнийдің құрамы 0,15...0,35 %, жартылай қайнаған — 0,05...0,15, ал қайнап жатқан болса — до 0,05 %.

Қайнаған болатты тотықтыру үшін кремний мен алюминийді қолданбайды, оны марганецпен тотықтырады. Қайнаған болат құйманың химиялық біркелкі еместігі айқын байқалады. Оның негізгі артықшылығы - лайықты металдың бөлінуі жоғары (95% -дан астам) _Құрамында кремний мен көміртектің төмен болуына байланысты қайнаған болатты суық күйде соғуға болады. Құрамында оттегінің жоғары шоғырлануына байланысты қайнаған болаттар салыстырмалы түрде суыққа аса төзімсіз болғандықтан, солтүстікте дайындалатын өнімдерге пайдалануға ұсынылмайды. Алюминий ыдыста марганецпен тотыққан жартылай тұрақты болатта лайықты металдың шығымы 90,95% құрайды.

Тұрақты болат кремний, марганец және алюминиймен тотықтандырылады. Тұрақты болат құймаларынан лайықты металдың шығарылымы шамамен 85% құрайды, бірақ металл әлдеқайда тығыз және біртекті химиялық құрамы бар.

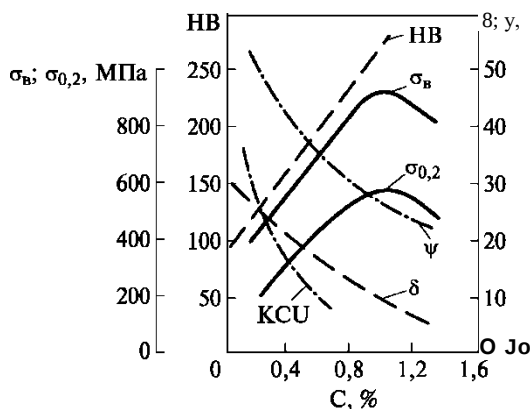
Көміртекті болаттардың қасиеттері негізгі элементтің – көміртектің болуына, сондай-ақ тұрақты және жасырын қоспалардың болуына байланысты.

Көміртектің болаттың қасиеттеріне әсері. Көміртек - көміртекті болаттың құрылымы мен қасиетін анықтайтын маңызды элемент. Тіпті көміртегі құрамындағы кішігірім өзгерістер болаттың қасиеттеріне әсер етеді. Көміртектің өсуі арқасында болат құрылымындағы цементит мөлшері артады. Құрамында 0,8% дейін көміртегі бар болат феррит пен перлиттен тұрады, ал құрамында 0,8% -дан астам көміртегі бар болатта перлиттен басқа құрылымдық-еркін қайталама цементит пайда болады.

Ферриттің беріктігі төмен, бірақ салыстырмалы түрде иілгіш. Цементит жоғары қаттылығымен ерекшеленеді, бірақ нәзік. Сондықтан, көміртек мөлшерінің артуымен болаттың қаттылығы мен беріктігі артады, тұтқырлығы мен төзімділігі төмендейді (4.9-сурет).

Болат беріктігінің артуы құрамындағы 0,8,1% дейін көміртегінің болуына байланысты. Көміртегі мөлшерінің 1% -дан астам ұлғаюымен болаттың иілгіштігі ғана емес, сондай-ақ беріктігі де азаяды. Бұл перлитті түйіршіктер айналасында сынғыш цементит торының пайда болуына байланысты, ол салмақ түсірсе жылдам сынады. Осы себепті, эвтектоидті болаттарды арнайы күйдіреді, нәтижесінде түйіршікті перлит құрылымы алынады.

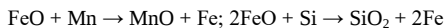
Көміртек болаттың технологиялық қасиеттеріне айтарлықтай әсер етеді: пісуі, қысым мен кесу арқылы өңделуі. Көміртектің мөлшері жоғарылағанда пісірілуінің нашарлауы, ыстықта және әсіресе суық күйде деформациялану мүмкіндігі төмендейді.



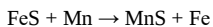
Сурет 4.9. Болаттың механикалық қасиеттерінің көміртек құрамына тәуелділігі

Құрамында 0,3-0,4% көміртегі бар орташа көміртекті болаттарды кесу арқылы өңдеген оңайырақ. Көміртегі құрамы төмен болаттардың беткі қабатын механикалық өңдеу және үгінділерін тазалау қиынға соғады. Көміртегі құрамы жоғары болаттардың қаттылығы артады, бірақ құралдың беріктігін төмендетеді.

Қоспалардың болаттың қасиеттеріне әсері. Көміртекті болаттардағы тұрақты қоспалар - марганец, кремний, күкірт, фосфор және жасырын – ол газдар: оттегі, азот, сутегі. Пайдалы қоспалар марганец және кремний. Олар тотықтыру үшін балқыту процесінде болатқа енгізіледі:



Көміртегі болатының құрамында 0,8% дейін марганец бар. Мұндай мөлшерде тотықтырудан басқа марганец ферритте толығымен ериді және оны нығайтады, болаттың беріктігін арттырады, сонымен қатар байланыстыра отырып күкірттің зиянды әсерін азайтады,



Толығымен тотыққан көміртекті болатта 0,4% дейін кремний бар. Кремний - бұл пайдалы қоспа, өйткені ол болатты тиімді тотықтырады және ферритте толық ериді, оның беріктігін арттырады.

Болаттың зиянды қоспалары күкірт пен фосфор болып табылады. Болаттағы күкірттің негізгі көзі, шикізаты - шойын. Күкірт болаттың илгіштігін және жұмсақтығын төмендетеді, сондай-ақ, илектеу және соғу кезінде болаттың қызарып-сынуын алдын ала білдіреді. Күкірт болатта ерімейді. Темірмен бірігіп күкірт металлда жақсы еритін темір сульфидін FeS құрайды. Болат құрамында марганец төмен болса, жоғары күкірт ликвациясына байланысты болатта жылдам балқытын эвтектика Fe-FeS ($w = 988^\circ \text{C}$) пайда болуы мүмкін. Эвтектика түйіршік шекараларының бойымен орналасқан.

Болат құймалар ыстық деформация температурасына дейін қыздырылған кезде, эвтектикалық қосындылар өздерінің сынғыштығын көрсетеді және белгілі бір жағдайларда олар тіпті балқып кетеді және деформацияланған кезде оларда көздер жытылып сызаттар пайда болады. Марганец қызаруды жояды, өйткені марганец сульфидтері түйіршік айналасында тор құрмайды және ыстық деформация температурасынан жоғары температурада шамамен 1,620° С балку температурасына ие. Сонымен қатар, басқа металл емес қосындылар сияқты марганец сульфидтері тұтқырлығы мен икемділігін төмендетеді, болаттың әлсіздік күшін азайтады. Сондықтан болаттағы күкірттің мөлшері барынша төмен болуы керек.

Күкірттің мөлшерін ұлғайту (0,2% дейін) тек қана автоматты болаттарда рұқсат етілмеген мақсаттарға арналған бекіткіштерді дайындау үшін қолданады. Күкірт болаттың өңделуін жақсартады.

Фосфордың негізгі көзі - бастапқы шойынды ерітіп алатын руда. Фосфор - бұл ферритте 1,2% дейін еруі мүмкін зиянды қоспалар болып табылады. Ферритте ери отырып фосфор оның иілгіштігін төмендетеді. Фосфор темірден кристалдық тордың түрі, атомдардың диаметрі және олардың құрылымы жағынан өте ерекшеленеді.

Сондықтан фосфор түйіршіктер шекарасының маңында орналасқан және олардың нәзіктенуіне үлес қосып, суықта сыну температурасының шегін арттырады.

Жасырын қоспалар — оттегі, азот, сутегі — болатта ферриттегі қатты ерітінді түрінде, немесе химиялық қосылыстардың (нитридтердің, оксидтердің) бір бөлігі ретінде, немесе металл тесіктерінде бос күйде болуы мүмкін. Оттегі мен азоттың ферритте еруі төмен, олар болатты нәзік металл емес қоспалармен былғайды, бұл болаттың тұтқырлығы мен иілгіштігін азайтады. Сутегі қатты ерітінді түрінде болады да болаттың нәзіктігін өте арттырады. Сутегінің жоғары көлемі, әсіресе хромды және хромоникельді болаттағы құрамы ішкі сызаттардың - флокендердің пайда болуына әкеп соғады.

Газдардың аз ғана концентрациясының өзі болаттың қасиетіне кері әсерін тигізеді, яғни оның тұтқырлығы мен иілгіштік сипаттарын төмендетеді. Сондықтан вакуумдау болаттың қасиеттерін жақсартудағы маңызды операция болып табылады.

Бұдан басқа, көміртекті болаттарда хром, никель, мыс сияқты кездейсоқ қоспалар бар, олардың болуы шихтаның ластануына байланысты.

Көміртекті болаттардың жіктелуі. Көміртекті болат сапасы бойынша құрылым, өндіру және тотығуы мен сапасы бойынша жіктеледі.

Құрылымы жағынан құрамында феррит пен перлиттен тұратын 0,8% дейін көміртегі бар алғашқы эвтектоидті болаттан айырмашылығы бар; эвтектоид, оның құрылымы тек перлиттен тұратын шамамен 0,8% көміртегі бар; гипертектоидті көміртегі 0,8...2,14%; оның құрылымы цементит торымен көмкерілген перлит түйіршіктерінен тұрады.

Өндіріс әдісімен электр пештерінде, ашық оттық пештерінде және оттегі - конвертері әдісімен балқыған болаттар болып бөлінеді.

Тотықтандыру әдісімен қайнаған, жартылай тұрақты және тұрақты болаттардың айырмашылығы бар.

Сапасы жағынан орташа сападағы және өте сапалы болат болып бөлінеді. Орташа сапалы болаттарда 0,05% аспайтын күкірт және 0,04% артық емес фосфор болады. Өте сапалы болаттарда күкірт 0,04% -дан аспайды (құрама болатта - 0,03%) және 0,035% аспайтын фосфор, олар металл емес қоспалармен және газдармен онша ластанбаған.

Ерекше жауапты жағдайларда, 0,02% -дан кем күкірт пен 0,03% фосфоры бар болаттар пайдаланылады. Сондықтан құрамындағы көміртек мөлшері бірдей болған кезде жоғары сапалы болаттар иілгіштігі мен тұтқырлығы, әсіресе төмен температураларда, жоғары болады. Сапалы болаттан, төмен температураларда, әсіресе, Солтүстік және Сібір жағдайында, пайдаланылатын өнімдерді өндіру үшін қолайлы.

Орташа сапалы болат МЕМСТ 380-2005 сәйкес дайындайды. Оларды әдетте үлкен ашық пештерде және оттегі – конвертерлерде балқытады. Олар Сп әріптерімен және 0-ден 6-ға дейінгі сандармен белгілейді, мысалы: St0, St1, ..., St6. St әріптері «болат» дегенді білдіреді, сандар - оның химиялық құрамына байланысты болат маркасының шартты реттік саны болып табылады. Марка таңбасының соңында тотықтандыру әдісін көрсететін кп, пс, сп әріптері жазылған: кп - қайнаған, пс - жартылай тұрақты, сп - тұрақты.

Болаттың химиялық құрамы 4.1-кестеде көрсетілген стандарттарға сәйкес келуі керек. Болаттың шартты саны неғұрлым үлкен болса, көміртегі мөлшері соғұрлым жоғары болады. St0 қоспағанда, барлық маркалардағы болаттағы күкірттің мөлшері 0,05% артық емес, фосфор - 0,04% артық емес; St0 маркалы болатта күкірт мөлшері - 0,06% артық емес, ал фосфор 0,07% артық емес.

МЕМСТ 1050-88 бойынша электрлік пештерде, оттегі конвертерлерде және ашық пештерде өте сапалы көміртеккі болаттар балқиды. Сапалы болат химиялық құрамы мен механикалық қасиеттеріне байланысты жеткізіледі. (4.2-кесте).

Өте сапалы болаттың құрамында зиянды қоспалардың болуына (күкірттің 0,04% артық емес, фосфордан 0,035% артық емес) қатаң талаптар қойылады. Қаптауға арналған 11 кп және 18 кп маркалы болаттардың құрамындағы күкірттің мөлшері 0,035% артық емес, фосфор 0,030% аспауы керек.

Сапалы көміртеккі болаттарды екі еселенген сандармен белгілейді 05, 10, 15, ..., 60, бұл ондағы пайыздың жүзден біріндегі орташа көміртегі мөлшерін көрсетеді.

Кесте 4.1. Орташа сапалы көміртекті болаттардың құрамы

Болат маркасы	Құрамы, %		
	С	Mn	Si
Ст0	Не болес 0,23	—	—
Ст1кп	0,06 ... 0,12	0,25 ... 0,5	Артық емес 0,05
Ст1сп	0,06 ... 0,12	0,25 ... 0,5	0,12 ... 0,3
Ст2кп	0,09 ... 0,15	0,25 ... 0,5	0,07
Ст2сп	0,09 ... 0,15	0,25 ... 0,5	0,12 ... 0,3
Ст3кп	0,14 ... 0,22	0,3 ... 0,6	Артық емес 0,07
Ст3пс	0,14 ... 0,22	0,4 ... 0,65	0,05 ... 0,17
Ст3сп	0,14 ... 0,22	0,4 ... 0,65	0,12 ... 0,3
Ст4кп	0,18 ... 0,27	0,4 ... 0,7	Артық емес 0,07
Ст4сп	0,18 ... 0,27	0,4 ... 0,7	0,12 ... 0,3
Ст5пс	0,28 ... 0,37	0,5 ... 0,8	0,05 ... 0,17
Ст5сп	0,28 ... 0,37	0,5 ... 0,8	0,15 ... 0,35
Ст6 пс	0,38 ... 0,49	0,5 ... 0,8	0,05 ... 0,17
Ст6 сп	0,38 ... 0,49	0,5 ... 0,8	0,15 ... 0,35

Таңбаның соңында қайнаған немесе жартылай салқындатылған болатты тағайындауында тотығу дәрежесі көрсетіледі: кп, пс. Тұрақты болат үшін тотығу дәрежесі көрсетілмейді

Көміртегі мөлшеріне қарай жоғары сапалы көміртекті болаттарды көміртегі мөлшері төмен көміртекті (0,25% дейін көміртегі), орташа көміртекті (0,3 ... 0,5% көміртегі) және жоғары көміртекті құрылымды (0,65% дейін көміртегі) болып бөлінеді.

Құрамындағы күкірт пен фосфордың мөлшері азырақ болатын жоғары сапалы болаттарды өте жауапты пайдалану өнімдерін жасау үшін қолданады. Жоғары сапалы болаттардағы зиянды қоспалардың аз мөлшерін қамтамасыз ету қажеттілігі олардың шығындарын арттырады және оларды өндіруді қиындатады. Сондықтан әдетте жоғары сапалы болаттар көміртекті болаттар емес, қоспаланған болаттар болып отыр.

Жоғары сапалы болаттардың маркасын белгілегенде, соңында А әрпі қосылады, мысалы болат У10А.

Құрамында 0.7. - 1,3% көміртегісі бар көміртекті болатты соғу және кесу құралдарын жасау үшін пайдаланады. Оларды У7, У13-деп белгілейді, мұндағы У әрпі көміртекті болатты көрсетеді және көміртегінің оннан бір бөліктегі пайыздық мөлшерін көрсетеді.

2. Соққыға төзімділік нормаларын термикалық өңдеу (қыздыру + жіберу) үлгілері бойынша тұтынушы белгілейді

4.2. Кесте. Көміртекті болаттардың кейбір маркаларының құрамы мен қасиеттері

Болат маркасы	Құрамы, %			Механикалық қасиеттері, кем емес				
	С	Мп	Ст, көп емес	а ₀₂ , МПа	а, МПа	5, %	у, %	КСУ, Дж/см ²
08	0,05.. 0,12	0,35.. 0,65	0,1	196	320	33	60	—
10	0,07.. 0,14	0,35.. 0,65	0,15	205	330	31	55	—
15	0,12.. 0,19	0,35.. 0,65	0,25	225	370	27	55	—
20	0,17.. 0,24	0,35.. 0,65	0,25	245	410	25	55	—
25	0,22.. 0,3	0,5.. 0,8	0,25	275	450	23	50	88
30	0,27.. 0,35	0,5.. 0,8	0,5	295	490	21	50	78
35	0,32.. 0,4	0,5.. 0,8	0,25	315	530	20	45	69
40	0,37.. 0,45	0,5.. 0,8	0,25	335	570	19	45	59
45	0,42.. 0,5	0,5.. 0,8	0,25	355	600	16	40	49
50	0,47.. 0,55	0,5.. 0,8	0,25	375	630	14	40	38
55	0,52.. 0,6	0,5.. 0,8	0,25	380	650	13	35	—
60	0,57.. 0,65	0,5.. 0,8	0,25	400	680	12	35	—

Ескертулер: 1. Барлық маркалы болаттардағы кремнийдің мөлшері 0,17...0,37 %.

4.3. Шойын

Шойынның түрлері. Темір мен көміртек қоспасының құрамында 2,14 % көміртек құрайтын қорытпа шойын деп аталады. Болатқа қарағанда шойынның құрамында көміртек анағұрлым жоғары, кристалдануын эвтетика пайда болғанда тоқтатады, пластикалық пішін өзгерісіне ұшырауы төменірек және құйылу қасиеті жоғарырақ. Олардың технологиялық қасиеті құрылымында эвтетиканың болуына негізделген. Шойынның бағасы болаттың бағасынан арзанырақ.

Шойынды домна пешінде, шахта пешінде (вагранка), электрпештерде балқытады.

Домна пешінде балқытылатын шойын шекті, арнайы (феррокорытпа) және құймалы шойын болады. Шекті және арнайы шойындар болатпен шойынды қайтара қорыту үшін пайдаланады. Ал, шахта пешін және электрпештерде құйылмалы шойын балқытылады. Балқытылған шойынның тек шамамен 20 % құйма жасауға пайдалынылады. Құймалы шойынның құрамында көміртек 40% дан аспайды. Көміртектен басқа күкірт, фосфор, марганец және кремний қоспалары болады. Және қоспалардың мөлшері көміртекті болаттан қарағанда жоғарырақ болады.

Көміртектің бөлінуінің пішіндеріне байланысты шойынның мынандай түрлерге бөледі.

1. Ақ шойын, барлық көміртек біріктірілген күйде цементит Fe_3C түрінде болады. Шойын сынығы ақ түсті және өзіне тән жылтырлау болады.

2. Жартыкеш шойын, негізгі көміртек мөлшері (0,8 % аса) цементит (темірдің көміртекпен қосылысы) күйінде болады. Шойынның құрылымы перлит, ледебурит және қатпарлы графит тәріздес болады.

3. Сұр шойын, барлық көміртек немесе оның көп мөлшері бос күйінде қатпарлы графит түрінде болады. Ал, көміртектің құрамы біріктірілген күйде цементит түрінде болып 0,8 % құрайды..

4. Беті ағартылған шойын, металдың негізгі мөлшері сұр шойынның құрылымыдай, ал беткі қабаты ақ шойынның құрылымындай. Ағартылған қабатты қалың қабырғалы үлкен бөлшектерді металды пішіндерге құю кезінде алады. Ақ шойынның құрылымы салқындату жылдамдығын азайтып, беткі қабатынан алынғанында ақырындап сұр шойынның құрылымына өтеді. Беткі қабатты шойын микроқұрылымында көп мөлшерде қатты және сынғын цементит болады. Соның арқасында тозуға төзімді болады. Сондықтан, беті ағартылған шойынды тозуға төзімді бөлшектерде қолданады. Мысалы, илемдеу орнақтарда, ұн тарту біліктерінде, ағартылған қималы вагонның дөңгелектерінде, тұмсығы және жүзі ағартылған соқа түренідерін жасауда. Ағарту - құю қалыбын тоңазытқышқа металл бұйым түрінде қойғанда, суыту жылдамдығын жоғарлату жолымен жасалуы мүмкін.

5. Жоғары берікті шойын, графит шар тәрізді пішінде болады.

6. Таптауға көнгіш шойын, көміртек ұлпатәріздес графит түрінде болады. Таптауға көнгіш шойынды ақ шойынды босандату жолымен алады.

Шойынды графиттендіру үрдісі. Графиттендіру деп, темірмен көміртектегі қойтпасын кристалдандыру немесе салқындатқанда бөлінетін графит үрдісін айтады. Графит шойынның кату кезінде сұйық күйінде, қатты күйінде де құрылуы мүмкін.

Графиттің құрылуын темір - графит жүйесінің жағдайы диаграммасы көрсетеді (4.7 сур). $C'D'$ сызығынан төмен алғашқы графит құрылады, Е $'C' 'F'$ сызығында эвтектикалық графит и по линии $P' 'S'K'$ сызығында эвтектоидтық графит.

Шойынның графиттенуі бірнеше факторларға әсер етеді. Оларға шойында графиттену ортасының бар болуы, суыту жылдамдығы және шойынның химиялық құрамы жатады.

Қатқан шойында графиттің құрылуы энергетика тарапынан шамалы, себебі, жаңа фазааралық бет құрылғанда бос энергияның өсуі көбірек, кристалданудың азаюына қарағанда. Графит ұрығының құрылуы графиттену орталығы сұйық күйде өлшенген және аустенитте кезкелген кішкене қосылыстармен қоспаға байланысты жеңілдетіледі. Мұндай кішене бөлшектер Al_2O_3 , SiO_2 оксидтерден, AlN нитрадтардан тұрады немесе графиттің ерімеген бөлшектері болуы мүмкін. Графиттену орталығының кристалды торының параметрі, графиттің кристалды торының параметріне жақын болуы тиіс.

Суыту жылдамдығының әсеріне негізделуі шойынның графиттенуі диффузионды үрдіс болып табылады және баяу жүреді. Графиттену үрдісінің біршама ұзақтығы бірнеше сатының орындалуына негізделген: сұйық күйде және аустенитте графиттенудің орталығының пайда болуы, көміртек атомының графиттену орталығына қарай диффузиялануы және графит бөлінуінің өсуі. Цементитің графиттенуінде міндетті түрде аустенитте алдынала таралған Fe_3C және еріген көміртек қосылады. Шойынды неғұрлым аз салқындатса, графиттену үрдісі соғұрлым артады.

Бірдей шойын құймасында әртүрлі құрылымды болуы мүмкін. Құйманың жұқа бөліктерінде, қалың бөліктерге қарағанда кристалдану және суыту жылдамдығы жоғары болғандықтан, шойынның графиттену деңгейі аздау болады. Тез салқындатқаннан ақ шойынды, ал баяу салқындатқаннан сұр шойынды алуға болады.

Кей жағдайда, қаттылықты жоғарлату үшін және тозуға кедергі жасау үшін шойын құймада арнайы ағартылған аймақ алынады. Ол үшін құю қалыпқа металл тоңазытқыштары қойылады. Ол пайда болған цементиттің тез қатып, тез салқындатуын қамтамасыз етеді.

Бұлай әдетте, тұмсығы және жүзі жағын тоңазытқышқа салып шойын түрлендерін дайындайды.

Шойынның құрамына кіретін қоспалардан графиттендіруге тек кремний оң әсерін тигізеді. Шойынның құрамында кремний 0,5... 5 % болуы мүмкін. Кремнийдің құрамын өзгерту арқылы әртүрлі құрылымды және әртүрлі құрамды шойындар алуға болады. Жүргізілген 4.10 суреттегі диаграмма бойынша шойынның құрылымының көміртек және кремнийдің мөлшеріне және құйма қалыңдығына тәуелділігін байқауға болады.

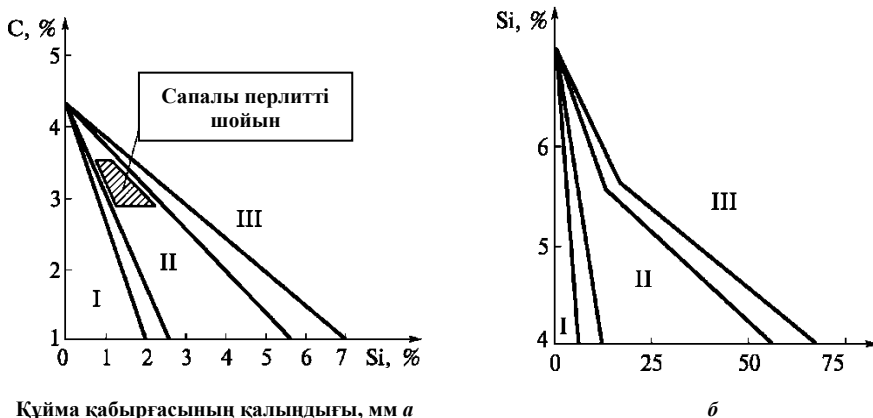
Шойынның құрамына кіретін басқа элементтерден марганец, күкірт және фосфор маңызды рөл атқарады

Марганец шойынды ағартуға икемін ұлғайтып графиттенуге бөгет жасайды. Марганец шойынның құрамында әдетте 0,5-1% дан аспайды.

Күкірт – шойында зиян қоспа. Оның ағарту әсері марганецке қарағанда 5-6 есе жоғары. Одан бөлек, күкірт сұйық-аққыштығын төмендетіп, газ көпіршікренін пайда болуына әкеліп, шөгуін көбейтіп, жарылуға әкеп соғады.

Фосфор қоспасының шойынға әсері болатқа әсеріне қарағанда әлдеқайда өзгеше. Алайда, фосфор графиттенуге әсерін тигізбесе де, маңызды қоспа болып саналады. Ол фосфидті эвтектиканың оңай балқытылуын (950-980 °C) пайда болдырып, сұр шойынның сұйық-аққыштығын арттырады

Әдетте мынандай шойын құрамын пайдаланылады, %: 3... 3,7 C; 1... 3 Si; 0,5... 1 Mn; 0,3 P және 0,15 S аз.



Сурет 4.10. Шойынның құрылымдық диаграммасы:

a — 50 мм құйма қабырғасын қалыңдығында көміртек және кремнийдің шойынның құрылымына әсері; b — салқындату жылдамдығының әсері (құйма қабырғасының қалыңдығы) және шойынның құрылымына көміртек және кремний концентрациясының қосындысына әсері; I — ақ шойын; II — сұр перлитті шойын; III — сұр ферритті шойын

Кейде шойынға қасиетін жақсарту үшін қоспалаушы элементтер қосады (Ni, Сг және т.б.). Ресейде құрамында: %: 3 Сг дейін; 1 Ni; 0,2 Ti немесе 0,2 V табиғиқоспалы шойын беретін Орско-Халилов және Елизавет кенорындары бар.

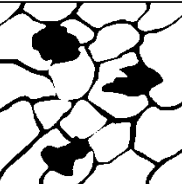
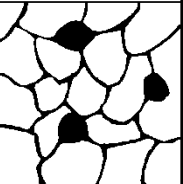
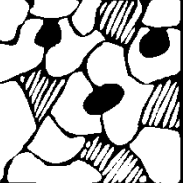
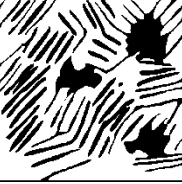
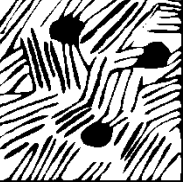
Соныме, шойынның графиттенуінің деңгейін анықтайтын негізгі фактор көміртектің, кремнийдің құрамы, салқындату жылдамдығы болып табылады. Химиялық құрамын және салқындату жылдамдығын 4.10.6. суреттегі диаграммаға сәйкес құю кезінде керек шойынның құрылымын алуға болады.

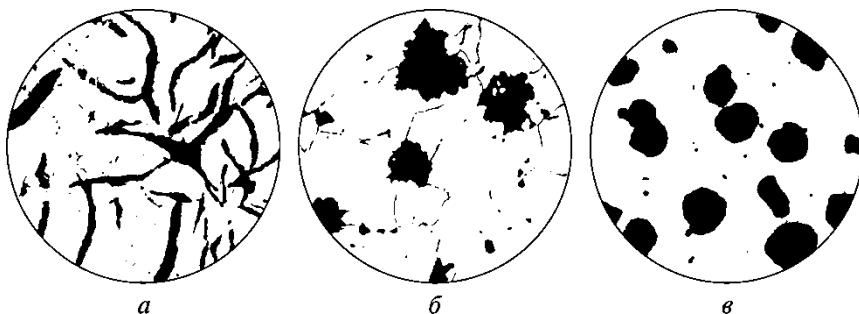
Шойынның құрамы және микроқұрылымы. Шойынның микроқұрылымы металды негізден және графитті қоспалардан тұрады. Шойынның құрамы металды негіздің құрамына және графитті қоспалардың сипатына тәуелді болады.

Егер 0,8 % көміртек цементит түрінде болып, ал қалған көміртек графит түрінде болса – металды негіз перлитті болуы мүмкін; егер көміртек мөлшері цементит түрінде 0,8 % кем болса және ферритті болса – ферритті-перлитті болады. Металды негіздің құрылымы шойынның қаттылығын көрсетеді.

4.3 кестеде металды негізбен ферритті түрінің құрылымына байланысты шойынның жапылама топтастырылған.

4.3 кесте. Металды негізбен ферритті түрінің құрылымына байланысты шойынның жапылама жіктемесі

Металды негіз	Графитті қоспаның түрі		
	пластикті	Ұлпа тәрізді	Шар тәрізді
Феррит			
Феррит + перлит			
Перлит			



Сурет 4.11. Шойындағы графиттің әртүрлі формасы:

a — қатпарлы (сұр шойын); *б* — ұлпа тәрізді (таптауға көнгіш шойын); *в* — шар тәрізді (беріктігі жоғары шойын)

Шойындағы графит қатпарлы (сұр шойын), ұлпа тәрізді (таптауға көнгіш шойын) және шар тәрізді (беріктігі жоғары шойын).

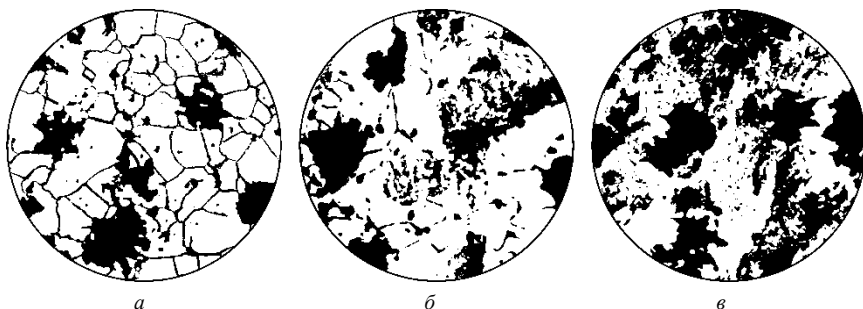
Шойынның микроқұрылымы 4.11 – 4.14 суретте көрсетілген. Металды негізге қарағанда графите беріктік төмендеу болады, сондықтан оның орнында тұтастық бұзылған деп санауға болады. Осылайша, графит қоспасымен тізбектелген, металды негізі әлсіз шойынды болат ретінде қарастыруға болады.

Сұр шойын созылу сынағында механикалық қасиеттері (a_b , δ , γ) төмен сипаттамаға ие. Графит қосу кернеу концентрациясына әсер етеді, сондықтан соғу жұмысы нөлге жақын. Сонымен қоса, қысу сынағында металды негіздің құрамына тәуелді шойынның қаттылығы мен төзімділігі анағұрлым жоғары.

Алайда, графитті қатпарлы пішіндегі сұр шойынның артықшылықтары бар. Сұр шойыннан арзан құйма жасауға болады, себебі арзан бағада сұйық-аққыштығы жоғары болады және шөгуге аз болады.



Сурет 4.12. Ферритті (а), феррит-перлитті (б) және перлитті (в) негізде сұр шойынның микроқұрылымы, 200есе ұлғайтылған.



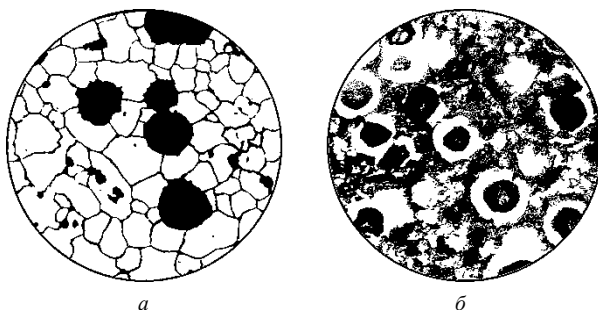
сурет 4.13. Ферритті (а), феррит-перлитті (б) және перлитті (в) негізде таптауға көнгіш шойынның микроқұрылымы, 200 есе ұлғайтылған.

Графитті қосу жоңқаны сынғыш қылады, сондықтан шойын оңай кесіледі. Графиттің оңай майланылуына байланысты шойын антифрикциялық қасиетке ие. Шойын жоғары демпфирлеуші қасиетке ие, дірілдеуді және резонансты толқынды жақсы басады.

Сұр шойын СЧ әріптерімен және созылу сынағындағы уақытша кедергі өлшемін сипаттайтын санмен белгіленеді. Сұр шойынның (МОСТ 1412—85), механикалық қасиеті мен белгіленуі, және оның химиялық құрамы 4.4 кестеде көрсетілген.

Метал негізін тілу сияқты графитті қоспаны дөңгелектеу кері әсерін тигізеді, ал механикалық қасиеті артады. Дөңгелек пішінді графит модифицирлеу арқылы алынады. Шойынның мадификаторлары болып SiCa, FeSi, Al, Mg болып табылады.

Мадификатор ретінде құю алдында 0,5% дейін мөлшерде магнийді пайдалану графиттің шартәріздес түрлі *беріктігі жоғары шойын* алынады. Магнийді әдетте автоклавтарда қосады. Магнийдің әсерін графиттің беттік керілудің ұлғаюымен және көміртекті диффузиялайтын микроөбікті будың пайда болымен түсіндіреді.



Сурет 4.14. Ферритті (а) және феррит-перлитті (б) негіздегі беріктігі жоғары шойынның микроқұрылымы, 200 есе ұлғайтылған

4.4 кесте. Сұр шойынның механикалық қасиеті және химиялық құрамы

Шойын маркасы	МПа, кем емес	Қаттылығы НВ, артық емес	Құрамы, %				
			C	Si	Mn	P	S
						Артық емес	
С410	1 00	190	3,5 ... 3,7	2,2 . 2,6	0,5 ... 0,8	0,3	0,15
СЧ15	150	210	3,5 ... 3,7	2 . 2,4	0,5 ... 0,8	0,2	0,15
СЧ20	200	230	3,3 ... 3,5	1,4 ... 2,4	0,7 ... 1	0,2	0,15
СЧ25	250	245	3,2 ... 3,4	1,4 ... 2,4	0,7 . 1	0,2	0,15
СЧ3 0	300	260	3 ... 3,2	1,3 ... 1,9	0,7 . 1	0,2	0,12
СЧ35	350	275	2,9 ... 3	1,2 ... 1,5	0,7 . 1,1	0,2	0,12

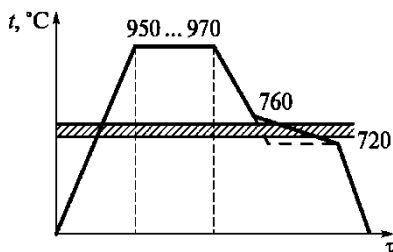
Беріктігі жоғары шойын ВЧ әріпімен және уақытша кедергі мөлшерін сипаттайтын санмен белгіленеді, мысалы ВЧ 35.

Кейбір беріктігі жоғары шойындардың (ГОСТ 7293—85) механикалық қасиеті 4.5 кестеде көрсетілген. Беріктігі жоғары шойындардан отандық бөлшектер дайындайды: тісті дөңгелек, иінді білік.

Таптауға көнгіш шойын атайы шартты, олардан бұйымды құю арқылы алады және пластикалық өзгеріске ұшырамайды. Таптауға көнгіш шойынды ақ графиттендіру өңдеу арқылы алады (4.15 сурет). Таптауға көнгіш шойындағы графит ұлпа пішінде болады. Таптауға көнгішкеледі, %: 2,2...3 C; 0,7...1,5 Si; 0,2...0,6 Mn; 0,2 P; 0,1 S. Таптауға көнгіш шойынның құрамында көміртек аз болғандықтан шахта пештерде емес, электрпештерде ерітеді.

4.5 кесте. Беріктігі жоғары шойындардың механикалық қасиеті

Шойын маркасы	с , МПа	а ₀₂ , МПа	5, %	НВ қаттылығы
	Кем емес			
ВЧ 35	350	220	22	140 .. 170
ВЧ 40	500	250	15	140 .. 202
ВЧ 45	450	310	10	140 .225
ВЧ 50	500	320	7	153 .. 345
ВЧ 60	600	370	3	192 .277
ВЧ 70	700	420	2	228 .. 302
ВЧ 80	800	480	2	248 .351
ВЧ 100	1 000	700	2	270360



Сурет 4.15. Ақ шойынды таптауға көнгіш шойын үшін босандату сұлбасы

Құйма пішінге толтырылғаннан кейін жылдам салқындатады және ақ шойынның құрылымын алады.

Содан кейін, құймаларды ұзақ босандатады (2 тәулік), оларды пеш газдардың тотығуынан, құмның себілуінен және т.б. қорғау үшін – қажатады. Босандату нәтижесінде құрылым феррит немесе перлит түйірлерінен және графит ұлпаларынан тұрады. Феррит және графиттен тұратын шойын сынығы күңгірт. Мұндай таптауға көнгіш шойында салыстырмалы түрде көп графит болғандықтан қаражүректі деп атайды.

Егер электроидты айналмалы аймақты жылдамдырақ салқындатса, шойынның құрылымында перлит сақталады. Мұндай шойынды перлитті таптауға көнгіш шойын немесе ақшылжүректі деп атайды. Оның құрылымында ферритті таптауға көнгіш шойынға қарағанда графит аз болып келеді. Таптауға көнгіш шойынды КЧ әріпімен және уақытша кедергімен салыстырмалы узаруды көрсететін санмен белгілейді, мысалы, КЧ 35-10.

4.6 кестеде кейбір белгіленген таптауға көнгіш шойындардың (ГОСТ 1215—79) механикалық қасиеті және химиялық құрамы көрсетілген.

Таптауға көнгіш шойын құймаларын соққы және діріл жүктемесінде (картерлер, редукторлар, фланецтер, муфталар) жұмыс істеуге арналған бөлшектерде қолданады.

4.6 кесте. Таптауға көнгіш шойындардың механикалық қасиеті және химиялық құрамы

Шойын маркасы	МПа	8, %	НВ қаттылығы	Құрамы, %				
				C	Si	Mn	P	S
	артық емес							
Ферриті шойындар								
КЧ 33-8	323	8	100 ... 163	2,6 ... 2,9	1 ... 1,6	0,4 ... 0,6	0,18	0,2
КЧ 37-12	362	12	110 ... 163	2,4 ... 2,7	1,2 ... 1,4	0,2 ... 0,4	0,12	0,06
Перлитті шойындар								
КЧ 55-4	539	4	192 ... 241	2,5 ... 2,8	1,1 ... 1,3	0,3 ... 1	1,1	0,2
КЧ 65-3	637	3	212 ... 269	2,4 ... 2,7	1,2 ... 1,4	0,3 ... 1	0,1	0,06

Шартәріздес графитпен қатар беріктігі жоғары шойындардың құрамында *вермикуляр* (латынша *vermi-culus* — жауын құрт) пішінді графит болуы мүмкін. Өлшемі сұр шойындағы қатпарлы графит бөлшектерімен салыстырғанда кішірек мұндай графит иілген жапырақ пішінді болады. Вермикулярды графитті шартәріздес графитті шойын сияқты арнайы шамамен 5% магний және аздап церий мен титан қоспаынан тұратын кешенді лигатур көмегімен, алғашқы балқытпа сұйықтығын өңдеу арқылы алады.

МЕМСТ 28394—89 мәйкес вермикулярлы графитті шойынның төрт белгісі шығарылады: ЧВГ 30; 35; 40; 45. Шойынның белгісі созылу кезіндегі $a_{\text{в}}$ ажырауы және a_{02} аккыштың шартты шегінің уақытша ажырау кедергісімен анықталады. Белгіленудің мағынасы Ч — шойын (чугун), ВГ — графиттің пішіні (вермикулярлы графит); сандары 30; 35; 40; 45 — уақытша кедергі мәні, МПа.

4.7 кесте қосылған шойынның белгілері және қасиеттері

Шойынның белгісі	Қасиеті
ЧХ1, ЧХ2, ЧХ3	Үйкеліс және тозуда газды, әуе және сілтілі ортада коррозияға төзімі жоғары, әуе ортасында ыстыққы төзімді, 500...700°C температураға шыдайды; металлургия өндірісі, шыныпшішінді темір қорамды, химиялық жабдықтау және т.б. бөлшектерін дайындауға арналған.
ЧХ3Т, ЧХ9Н5, ЧХ22, ЧХ16М2, ЧХ28Д2	Қажакты тозығу және қажауға қарсы төтеп беруі жоғары.
ЧХ22С	1000 °С температурада коррозияға жоғары төтеп берумен сипатталады.
ЧС13, ЧС15, ЧС17, ЧС15МА, ЧС17М3	Қойылтылған және сұйытылған қышқыл, сілтілі ерітінді, тұз әсеріне төзімді.
ЧГ6С3Ш, ЧГ7Х4	Абразивті ортада төзімділігі жоғары төзімділікке ие.
ЧГ8Д3	Магнитті емес, тозутөзімді.
ЧНХТ, ЧНХМД, ЧН2Х, ЧНМШ	Жоғары механикалық қасиеттерге ие, коррозия және тозумен жақсы күреседі.
ЧН15Д3Ш, ЧН15Д7, ЧН19Х3Ш, ЧН11Г7Ш, ЧН20Д2Ш	Жоғары механикалық қасиеттерге ие, сілтіде, әлсіз сұйытылған қышқылда, теңіз суында коррозия және эрозияға шыдамдылығы жоғары. ЧН20Д2Ш шойыны суық күйінде пластикалық өзгеруі мүмкін.

ЧВГ 30 шойыны ферритті, ЧВГ 35 және ЧВГ 40 — феррит-перлитті, ал ЧВГ 45 — перлитті метал негізде болады. Физика-механикалық қасиеттері бойынша және тозуға шыдамды вермикулярлы графитті шойын қатпарлы шойыннан беріктігі жоғары шартәріздес шойынға өтпелі болып келеді.

Қоспалы шойын. Қоспалы шойындарға жоғары ыстыққа төзімді құйма үшін, коррозияға төзімді, тозутөзімді немесе ыстыққа төзімді МЕМСТ 7769—2008 реттелуін талап етеді. Қоспалы шойындардың белгіленуі және оардың қасиеттері 4.7 кестеде көрсетілген. Қоспалы элементтердің белгіленуі және олардың концентрациясы қоспалы болат белгісімен сәйкес. Қоспалы шойындарды керек қасиеттермен және құрылыммен қамту үшін термиялық өңдеуден өткізеді.

Қоспалы шойынның маңызды қасиеті болып тозуға төзімділігі болып тьабылады.

Бақылау сұрақтары

1. Қандай қорытпаны болат деп атайды?
2. Қорытпадығы қоспа деген не? Болатың құрамына қандай зиянды қоспалар кіреді?
3. Болатты пайдалану үшін қалай жіктелген?
4. Болаттың құрамындағы көміртек механикалық қасиетіне: төзімділік, созымдылық, қаттылық қалай әсер етеді?
5. Неге эвтектоидты болаттардың құрылымына цементит тордың болуы жағымсыз?
6. Қандай қорытпаларды шойын деп атайды?
7. Сұр, таптауға көнгіш және тозутөзімді шойындарды қалай ажыратады?
8. Шойынның қаттылығына графиттің пішіні қалай әсер етеді?

БОЛАТТЫ ТЕРМИЯЛЫҚ ӨНДЕУ

5.1. Термиялық өңдеу теорсының негіздері

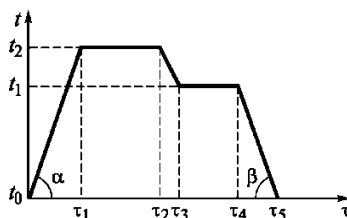
Жалпы мәлімет. Металдан және қорытпадан жасалған заттардың, бұйымдардың құрылысы мен қасиеттерін өзгерту мақсатында пайдаланылатын жылулық өңдеу процестерінің жиынтығы термиялық өңдеу деп аталады.

Заманауи техникада термиялық өңдеу металдар мен қорытпа заттардың өзгеру қасиеттерін алудың кең таралған тәсілі болып табылады. Термиялық өңдеу қысым түсіру, кесу кезінде өңделуді жақсартуға бағытталған аралық операция немесе металл мен қорытпаларға механикалық, физикалық және химиялық қасиеттер берудің негізгі нәтижесі ретінде қолданылады. Әдетте, өнімнің (құрылымның) жауапкершілігі ұлғайған сайын ондағы термиялық өңделген бөлектері көбейе түседі.

Кез келген термиялық өңдеу түрінің негізгі факторы температура мен уақыт болғандықтан, термиялық өңдеудің кез келген үрдісін уақыт аралығында температура өзгерісін көрсететін сызба ретінде көрсетеді (5.1сур). Сызбада қыздыру мен суытудың тұрақты жылдамдығының иілу бұрышы тік сызықпен кескінделіп, иілу бұрышы қыздыру және суыту жылдамдығын сипаттайды (α , β сәйкестігі).

Металды термиялық өңдеудің жалпы ұзақтығы өзіндік қыздыруды t_j қажетті температураға t_2 дейінгі уақыттан, $t_j - t_2$ температурасында ұстау уақытынан және бөлме температурасына дейінгі суыту уақытынан $t_0 t_2 - 1_3, t_3 - 1_4, t_4 - 1_5$ қалыптасады.

Термиялық өңдеу нәтижесінде қорытпаларда құрылымдық өзгерістер жүреді. Металдар мен қорытпалар термиялық өңдеуден кейін тепе-тең (тұрақты) және айнымалы (тұрақсыз) кейіпте болуы мүмкін. Бөлшектерді (өнімдерді) пеште суыту кезінде толығымен қайталама кристалдану үдерістеріне байланысты металл мен қорытпада диффузиялық араласулар жүреді.



Сурет 5.1. Болаттардың термиялық өңделуінің кестесі

Нәтижесінде металл тепе –теңдікке (тұрақты) жақын күйге енеді. Металды ауада суытқан кезде тепе –теңдікке жақын өзгерістер болады. Тез суыту жағдайында (мысалы, майға, суға салып) металда диффузиялық үрдістер мен оған байланысты өзгерістер тез жүре қоймайды, сондықтан олар айналымы (тепе –теңсіз жағдай жиі) күйге енеді.

Болатты термиялық өңдеу түрлерінің жіктелуі. Металдарда негізгі және құрылымдық өзгерістерге байланысты жүретін термиялық өңдеу түрлерінің заманауи жіктелуін А.А. Бочвар құрастырған және бұл жіктеу қара және түсті металдар мен қорытпаларды термиялық өңдеудің сан түрлі тәсілдерін қамтиды. (5.2 сур).

Термиялық өңдеудің түрлері үш топқа бөлінеді: өзіндік термиялық, термомеханикалық және химия –термиялық.

Өзіндік термиялық өңдеу (ТӨ) метал мен қорытпаға тек термиялық әсер етуді; *термомеханикалық* (ТМӨ) – термиялық әсер ету мен пластикалық өзгерудің (деформация) үйлесімін; *химиялық –термиялық* (ХТӨ) – термиялық және химиялық әсер етудің үйлесімін білдіреді.

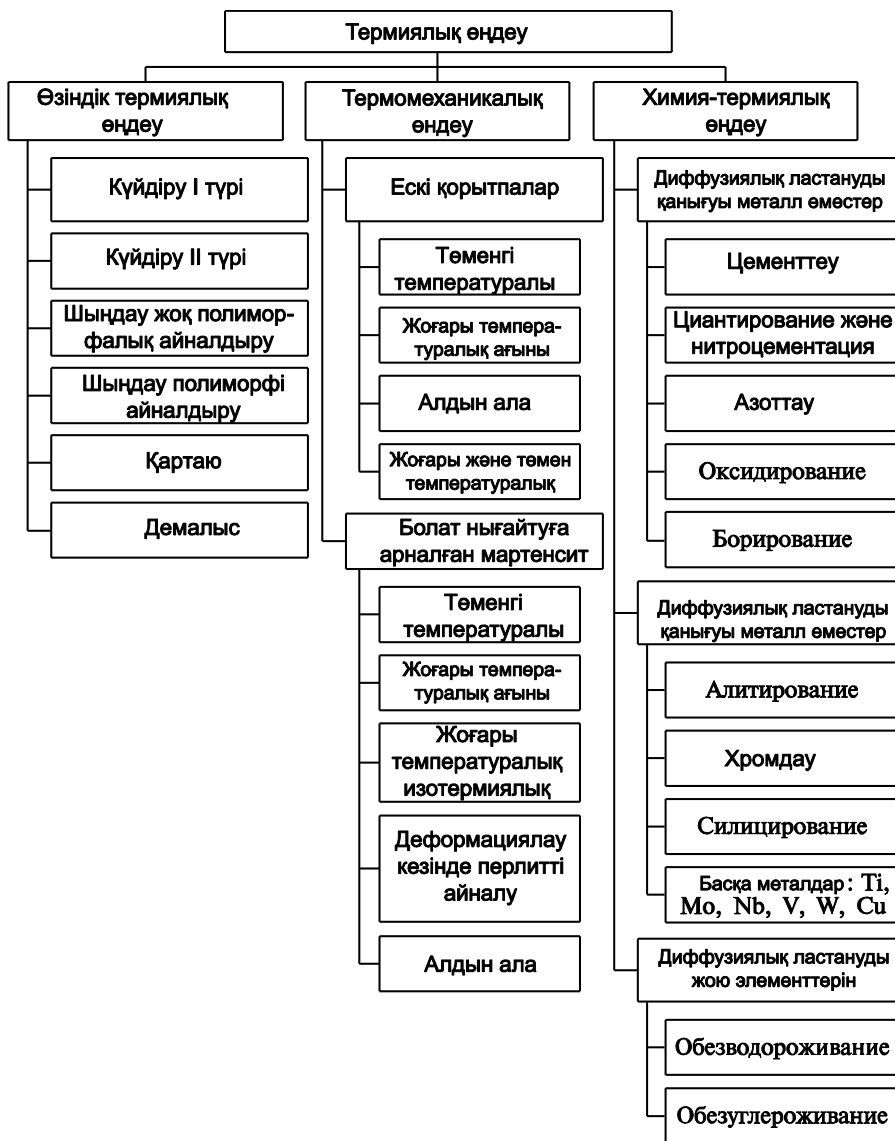
Өзіндік термиялық өңдеу бірінші және екінші реттік жасыту, шынықтыру, жұмсарту, ескіру деп жіктелуді қамтиды. Термиялық өңдеудің бұл түрлері болатқа, түсті металдарға және қорытпаларға қолданылады. Термомеханикалық өңдеу ескірген қорытпаларды ТМӨ және мартенситте шынықтырылатын болатты ТМӨ деп бөлінеді.

Ескірген қорытпаларды термомеханикалық өңдеудің мынадай төменгі температурадағы термомеханикалық өңдеу (НТМО); жоғарғы температурадағы термомеханикалық өңдеу (ВТМО); бастапқы термомеханикалық өңдеу (ПТМО) және ВТМО мен НТМО қосындысы — жоғары –төмен температурада термомеханикалық өңдеу (ВНТМО) түрлері бар.

Мартенситте шынықтырылатын болаттың термомеханикалық өңделуіне мыналар: төменгі температурадағы термомеханикалық өңдеу (НТМО); жоғарғы температурадағы термомеханикалық өңдеу (ВТМО); жоғары температурада термомеханикалық изотермиялық өңдеу (ВТМИЗО); перлиттік өзгеріс кезіндегі термомеханикалық өңдеу (ТМИЗО) және бастапқы термомеханикалық өңдеу (ПТМО) енеді.

ХТӨ түрлері мынадай топшаларға бөлінеді: металл еместермен диффузиялық қаныққан; металдармен диффузиялық қаныққан, элементтердің диффузиялық шығарылуы.

Металл еместерді диффузиялық қанықтырудың мынадай түрлері бар: цементациялау, азоттау, циандау (нитроцементация), борлау мен тотықтыру.



Сурет 5.2. Болат мен қорытпаларды термиялық өңдеудің негізгі түрлерінің жіктелуі

Металдармен диффузиялық қанықтыруға алиттеу, хромдау, силикаттау, өзге де металдармен қанықтыру жатады. Элементтерді диффузиялық шығару – оларды сүтегісіз және көмертексіз қалдыруды білдіреді.

Металдардың (мысалы, металдардың, жартылай өткізгіштердің, шынылардың) құрылымы мен өңделуімділігін жақсарту, ішкі кернеулерін төмендету мақсатында жасалатын термиялық өңдеуді жасыту деп атайды.

Металдар белгілі бір температураға дейін қыздырылып, біраз уақыт ұсталады да, баяу суытылады.

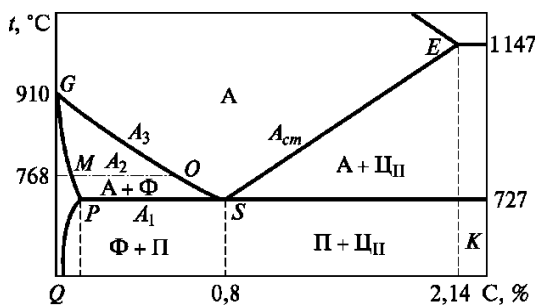
Босандату термиялық өңдеудің бір түрі, яғни механикалық өңдеуді жеңілдету үшін жасалатын операция болып табылады. Жасытудан кейін салқындату пештің ішінде жүзеге асырылады. Жасытудағы қыздыру мақсатына қарай фазалық түрленудің төменгі және жоғарғы температурасында өткізіледі.

Фазалық түрленудің жоғары температурасында металды қыздырып, одан соң құрылымдық тепе – теңсіздік (тұрақсыз) алу мақсатында жылдам салқындатудың термиялық өңдеуін полиморфты түрлену шынығуы деп атайды.

Шынықтырудың бұл түрі темір мен көміртекті (болат) құймаларына қолданылады. Шынықтырылған болатта темірмен қаныққан көміртектің қатты ерітіндісінің құрылымы түзіледі, оны мартенсит деп атайды.

Оған полиморфтық түрлену қасиеттері тән шынықтырылған металл қорытпалар мен таза металдарда байқалатын микроқұрылым, шынықтырылған болаттың негізгі құрылымдық құраушысы; темірдегі көміртектің қатты ерітіндісі болып табылады.

Шынықтырылған болаттың құрылымы тұрақсыздығымен ерекшеленеді. Қорытпаны тепе – теңдік күйге жеткізетін процестер бөлме температурасында да өте береді және ал қыздырған кезде тепе – теңдікке жету жылдамдығы көбейеді. Шынықтырылған құйма құрылымын тұрақты күйге жеткізу үшін фазалық түрленуден төмен температурада қыздыруды білдіретін термиялық өңдеуді (A_{c1} нүктесінен төмен) жұмсарту деп атайды. ЖҰМСАРТУ БОЛАТТЫ ШЫНЫҚТЫРҒАННАН КЕЙІНГІ СОҢҒЫ ОПЕРАЦИЯ (ПОЛИМОРФТЫ ТҮРЛЕНУ ШЫНЫҚТЫРУЫ). Жұмсарту мен 1 ретті жұмсарту арасында ұқсастық көп. Олардың айырмашылығы – жұмсарту – шынықтырудан кейінгі өтетін екінші операция.



Сурет 5.3. болаттың сыни нүктелерінің белгілері

A — аустенит; P — перлит; Φ — феррит; C_{II} — екіншілік цементит

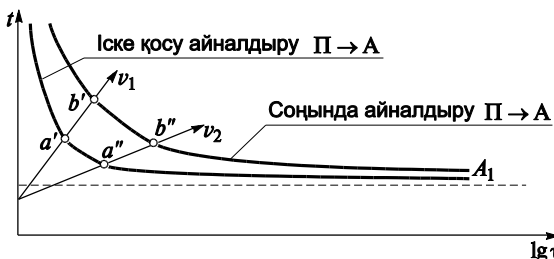
A_1 ауысу нүктесі PSK (727°C) сызығында, A_2 ауысу нүктесі - MO (768°C) сызығында, A_3 ауысу нүктесі — GS сызығында, $A_{сг}$ ауысу нүктесі — SE сызығында орналасқан.

Жылыту гистерезисі салдарынан қыздыру кезіндегі түрлену әр алуан температурада өтеді. Сондықтан қыздыру мен салқындатуда ауыспалы нүктені белгілеу үшін қосымша индекстер: қыздыру жағдайында – әріптер, салқындату жағдайында $г$, мысалы, A_{c1} , A_{c3} , $A_{г1}$, $A_{г3}$ қолданылады.

Болаттың қыздыруда түрленуі. Аусениттің түзілуі. Болатты ауыспалы нүктеден жоғары қыздырғанда аусенит түзілуіне байланысты бастапқы құрылым көбінесе феррит пен цементиттің қосындысына – перлитке айналады. Перлиттің аусенитке түрленуі темір – көміртек диаграммасына сәйкес, өте бәсең қыздыруда өтеді. Қыздырудың нақты жағдайында термиялық өңдеу кезінде перлиттің аусенитке түрленуі бәсең өтеді, кейде *қыздыруды шамадан тыс асырып жіберу* де мүмкін. Түрлену жылдамдығы қыздыруды асыру деңгейіне байланысты. Температура ұлғайған сайын, жандыру деңгейі де жоғары және түрлену де жылдам жүреді. Түрлену кинетикасын эвтекоидты болаттағы перлиттің аусенитке изотермиялық түрлену диаграммасынан бақылауға болады (5.4 сур).

Атомдардың жоғары температурада жылдам қозғалуына байланысты түрлену жылдам өтеді, сондықтан түрленудің бастапқы және ақырғы қисық сызықтары бірігіп кетіп, ординаттар осіне түседі. A_1 сызығында бәсең қыздыруда түрлену бәсең өтеді (іс жүзінде шексіз). Мұндай жағдайда түрленудің бастапқы және ақырғы қисық сызықтары бірігіп, A_1 сызығына жақындайды. Түрлену сызықтарының бір нүктеге дәл түсуі темір – көміртек диаграммасы бойынша тепе – тең түрленуге сәйкес келеді.

Жаңа фаза – аусенит ретінде феррит пен цементит бөлімдерінің фазааралық бетінде түзіледі. Перлиттің аусенитке өтуі екі қарапайым процестен тұрады: полиморфтық түрлену $Fea \rightarrow Feg$ және цементит көміртегінің γ - темірде еруі.



Сурет 5.4. Перлиттің эвтекоидты болаттан жасалған аусенитке изотермиялық түрлендіру диаграммасы

$a a''$ — ауысуының бастапқы v_1, v_2 ; $b b''$ жылдамдықтарының нүктесі — ауысуының аяқталу v_1, v_2 ($v_1 \gg v_2$) жылдамдықтарының нүктесі

Цементиттің еруі полиморфтық түрленумен салыстырғанда шабан жүреді. Сондықтан феррит аустенитке айналаған соң, аустениттің бірқалыпты еместігін жоюға аустенитті гомогенизациялау кезеңіне қосымша уақыт қажет болады.

Аустенит түзілу жылдамдығы аусенит пен перлиттің бос энергиясының айырмашығына және гомогенді аустенит түзуге қажетті көміртек атомдары диффузиясының жылдамдығына байланысты.

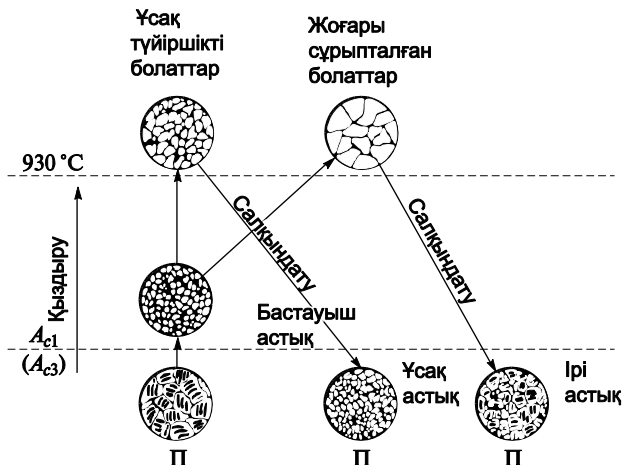
Эвтекоидқа дейінгі және эвтекоидтан кейінгі болаттарды қыздырғанда аустенит түзілу өзге сызбамен жүреді.

Эвтекоидқа дейінгі болаттарда A_1 сызығынан жоғарғы құрылымы аустенит пен ферриттен, ал эвтекоидтан кейінгі болаттарда – аусенит пен цементиттен тұрады. A_{c3} (A_{cm}) температура нүктесіне дейін қыздырғанда бос феррит немесе аустениттегі цементит ериді. Эвтекоидқа дейінгі және эвтекоидтан кейінгі болаттар бір фазалы құрылымға тек A_{c3} (A_{cm}) нүктесінен жоғары температурада қыздырғанда ғана иеленеді.

Аустенит түйірінің көлемі – қыздырылған болаттың маңызды құрылымдық сипаттамасы. Болаттың ТМӨ процестеріндегі көрінісі мен өнімнің механикалық қасиеттері аустенит түйірінің көлеміне байланысты. Әсіресе аустенит көлеміне түйір іріленген сайын төмендейтін жабысқақтық қасиеті сезімталдық әсер етеді.

Болат құрамындағы жақсы жетілген ферритті – цементті A_{c1} (A_{c3} , A_{cm}) нүктедегі температураға дейін қыздырғанда түрлену басым болады - аустенит топтамалары түзіледі және түрлену соңында аустенит түйірлері ұсақталады. Бұндай нокаттардың бастапқы түйірлер деп атайды. Аустенит түйірлері одан әрі қыздырғанда ұлғаяды, сонымен бірге әр алуан болаттарда түйірлердің ұлғаю қасиеттерінде айырмашылықтар болады. Аустенит түйірлерін қыздырғанда ұлғаю қабілетіне қарай мұралық ұсақ түйірлі және мұралық ірі түйірлі болаттар деп бөледі. Мұралық ірі түйірлі болаттарда түйір көлемі A_{c1} (A_{c3} , A_{cm}) нүктесі температурасынан жоғары қыздыруда жылдам ұлғаяды, ал мұралық ұсақтүйірлі болаттарда қыздыру басым болғанымен, ұсақ түйірлер сақталады. (5.5 сур).

Біріншіден, түйірдің ұлғаюға бейімділігі ондағы қоспа элементтердің құрамына байланысты – барлық қоспа элементтер (маргенецтен басқасы) аустенит түйірдің өсуін тежейді. Ванадий, титан, молибден, вольфрам, алюминий – аустенит түйірдің ұлғаюын қатты тежейді, вольфрам, молибден хром жақсы тежейді, кремний мен никель аз әсер етеді. Қоспа элементтердің мұндай әрекетінің негізгі себебіне аустенитте еруі қиын карбидтер пен тотықтар түзіледі және олар ұлғаятын түйірге кедергі болады.



Сурет 5.5. болатты қыздыру температурасына байланысты ноқаттың көлемінің өзгеру құрылысы

Екіншіден, болат түйірінің ұлғаюға бейімділігі оның металдық сапасына, өндіру технологиясына және тотығу режиміне байланысты, себебі ноқаттың ұлғаюын тежейтін осы қасиеттері болаттағы әр алуан карбид, тотықтар, сульфидтер және нитридтер қоспасының бар екендігін анықтайды. Болат түйірінің ұлғаю бейімділігін анықтау үшін дағдылы әдістеме қолданылады, оның мәні төмендегідей.

Дозвтекоидты болатты 8 сағат бойы 930 °C температурада цементтейді, одан әрі бәсең салқындатады. Түйір көлемі аустениттік түйірлерді шектейтін карбидтік тор бойынша анықталады. Эвтекоидтан кейінгі болатты 3 сағат бойы 930 °C температураға дейін қыздырады да, жылдам салқындатады. Түйір көлемі аустенит кристалдарының шектеуінде бөлінетін қайталама карбидтер торымен анықталады. Тағы бір қолданылатын әдіс – тегістелген бетті 930 °C температурада 3 сағат бойы тотықтырып қыздыру.

Аустенит түйірлерінің шектеулері тотықтар торымен анықталады. Түйірдің ұлғаю бейімділігіне ыстық деформациялау мен термиялық өңдеудің технологиялық процестері тәуелді. Мұралық ұсақтүйірлер үшін бекітілген температурада үлкен интервал болады, оларды жұқарту мен таптау жоғары температурада басталуы мүмкін. 930 °C температураға дейін қыздырылатын ірі ноқатты болатқа қарағанда, қыздыруда A_{c1} (A_{c3} , A_{cm}) нүктесінен жоғары

100... 150 °C температурада қыздырылатын ұсақ ноқатты болаттар аустениттің ірі түйірлеріне ие болады. Сондықтан бөлме температурасында осындай немесе өзге де термиялық өңдеу нәтижесінде алынатын *нақты түйір көлемі* деген ұғым енгізілген,

Әдетте аустениттің бастапқы түйірінің көлемі үлкен болған сайын, нақты түйір көлемі де ұлғаяды.

Болатты қыздыру температурасы A_{c3} нүктесінен жоғары болуы металды қыздыруды асырып жіберуге әкеледі, нәтижесінде ірі нақты түйір түзіледі. Жоғары асып кеткен қыздыруды төмен температурада қайта қыздырумен түзелуге болады. Егер қыздыру шамадан асып кетсе және металл ұзақ уақыт бойы осы температурадағы тотықтыру атмосферасында қалса, түзетуге келмейтін кемшілік пайда болады, яғни болаттың күйіп кетуіне әкелуі мүмкін. Металдың күйіп кетуі тотығуға және түйір шеттерінің жанып кетуіне және тас секілді сынғыштыққа әкеледі.

Болаттың нақты түйірінің мөлшері төмен температурадағы тұтқырлыққа көбірек әсер етеді.

Түйір көлемін ГОСТ 5639 -82 бойынша болаттың микроқұрылымын эталондық бағанамен 100 есе ұлғайта салыстырып анықтайды. (2.11 суретті қараңыз).

Түйір көлемі оған балл берумен бағаланады. Металл түйіріне берілген баға 1мм^2 тегісте орналасқан түйір санына тіке пропорциялы және түйірдің орташа диаметріне теріс пропорциялы болады. Шартты түрде 1ден 5 деген бағаға дейінгі түйір көлемі ірі түйірлі болаттарға, ал одан да жоғары балл алғандар (6-дан 10-ға дейін) –ұсақ түйірлі болаттарға жатады.

Болатты салқындату кезіндегі аустениттің диффузиялық түрленуі.

Аустениттің изотермиялық түрлену диаграммасы. Эвтекоидты болатты жұмсарту кезіндегі салқындату уақытында болатын негізгі түрлену – аустениттің (727°C) температурадан төмен A_1 нүктесінде цементті феррит қоспасына түрленуі деп саналады. Диффузиялық процестердің толық өтуін қамтамасыз ететін болатты салқындату жылдамдығында және болаттың тұрақты күйіне жақын болатын құрылымда темір –көміртек диаграммасына сәйкес перлит түзіледі.

Фазалық түрленудің жалпы заңдылықтарына сәйкес, беріктік күйінде аустениттің перлитке диффузиялық түрленуі аустениттің бос энергиясы мен $\Phi + \text{Ц}$ ажырау өнімдерінің айырмасымен, ал түрлену кинетикасы – перлит орталықтарының түзілу санымен және бұл орталықтардың ұлғаю жылдамдығымен анықталады.

Аустениттің перлитке эвтекоидтық түрлену кинетикасы аустениттің изотермиялық түрлену диаграммасында C - үлгідегі қисықтармен кескінделіп, мынадай кескінде құрылады. $30...50^\circ\text{C}$ дейін A_{c1} жоғары қыздырылған біртекті аустенит құрылымды үлгілерді тапсырылған температураны ұстап тұрған термостатқа көшіреді. Аустениттің парамагниттік, ал феррит пен цементит қоспасы ферромагниттік қасиеттерге ие екенін ескеріп, үлгілердің магниттік өзгерістерін бақылау аустениттің әр алуан температурада перлитке айналуын кинетикасын бағалауға мүмкіндік береді.

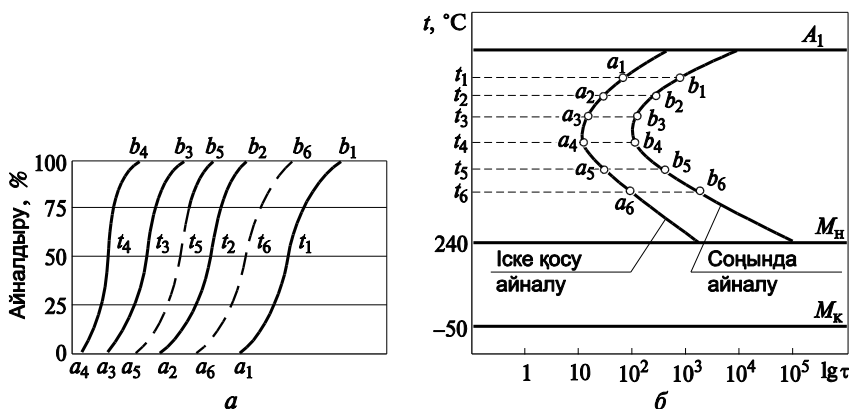
5.6 суретте аустениттің әр алуан $t_1 > t_2 > t_3 > t_4 > t_5 > t_6$ температурада алынған изотермиялық ыдырау кинетикалық қисықтары келтірілген.

Қисықтар сипаты ыдырау процесі бастапқыда бәсең жүргенін, одан әрі жылдамдығы ұлғайғанын және түрлену өнімдерінің 50% түзілгенде шегіне жететінін, ал қалдық аустенит саны төмендеуіне қарай үдеріс бірте–бірте өше бастайтындығын көрсетеді. $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$ нүктелері бастапқы, $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6$ нүктелері — түрленудің соңына сәйкес келеді. (5.6, а сур).

Координаттарды түрлендіре отырып, алынған тәжірибелік қисықтар бойынша аустениттің изотермиялық түрлену диаграммасын құрастырады. Ол үшін изотермиялық төзімділік $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6$ температурасының көлденең сызықтар нүктелерінде түрленудің басталу нүктесін (а) және ақырғы (b) нүктесін енгізеді. Мұнда $a_1 — a_6$ қисығы түрленудің бастапқы сызығы, ал $b_1 — b_6$ — соңғы сызығы болып саналады. (5.6, б сур).

5.7 суретте эвтекоидты болаттағы (0,8 % көміртек) аустениттің изотермиялық түрлену диаграммасы келтірілген. Мұндағы M_n және M_k көлденең сызықтары диффузиялық мартенситтік түрленудің бастапқы және ақырғы температурасын көрсетеді.

Изотермиялық түрлену диаграммасы аустениттің тұрақты температурада түрленуін зерттеудің көптеген деректер жинағының нәтижесін көрсетеді. Изотермиялық түрлену диаграммасын С әрпі және С –диаграммаларына ұқсастығына сәйкес, ал ағылшын тілді елдерде –ТТТ –диаграммалар (temperature — time — transformation (температура – уақыт – түрлену) деп атайды.



Сурет 5.6. Аустенитті перлитке айналдырудың кинетикалық қисықтары (а) және аустенит (б) туралы изотермиялық ауысудың:

M_n, M_k - тиісінше, мартенситикалық ауысудың басы мен соңы

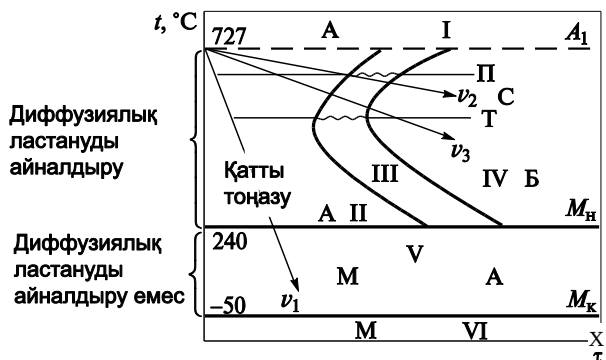


Рис. 5.7. Эвтекоидты болат аусенитінің изотермиялық түрлену диаграммасы: В - байнит; М - мартенсит; С - сорбит; Т - тростоста; ν_1 - ν_3 - жылдамдық трансформация; I-VI - тән салалар

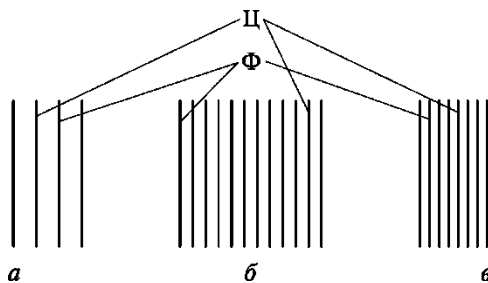
Диаграммада мынадай аймақтарды бөліп көрсетуге болады: I тұрақты аустенит аймағы (0,8 % көміртек бар болаттар үшін D_{c1} температурасынан асқанда); II – суытылған аустенит аймағы; III - $A \wedge P$ түрлену басталған, бірақ аяқталмаған аймақ; IV — аяқталған түрлену аймағы; V — басталған, бірақ аяқталмаған мартенситтік түрлену аумағы (M_n — M_k арасы); VI — мартенситтік аймақ (M_k төмен).

Аустенит ыдыруының бастапқы қисығынан солға қарай орналасқан аймақ (суытылған аустенит аймағы) суытылған аустениттің тұрақтылығын сипаттайтын инкубациялық кезеңнің ұзақтығын анықтайды.

Суыту ұлғайған сайын оның тұрақтылығы жылдам, ең аз көрсеткішке (эвтекоидты болат үшін шамамен 550 °C) кемиді, одан әрі қайта ұлғаяды.

Аустенитті суыту деңгейіне қарай түрленудің үш температуралық аймағын атауға болады: *перлиттік* (500 °C температураға дейін суыту), *мартенситтік* (эвтекоиды болат үшін 240 °C температурадан төмен) және *аралық (бейниттік) түрлену* (эвтекоидты болат үшін 500 ден 240 °C дейін суыту). Аустениттің диффузиялық түрленуінен түзілетін құрылымдарды қарастырамыз. 650...700 °C температурасында перлит түзіледі. Перлиттік түрленуде жетекші фаза цементит болып табылады. Цементит пластикалары түзілуі нәтижесінде аустенит бөліктері көміртекпен бірігеді де, нәтижесінде бұл феррит пластинкаларының түзілуіне әкеледі.

Салқындату ұлғайтылғанда жаңа фаза туындылары ұлғаяды. Феррит пен цементиттің кезектескен пластинка сандары өскен сайын олардың көлемі арасындағы арақашықтық кемиді.



Сурет 5.8. Ферритті –цементті құрылымдар сызбасы:

а — перлит; *б* — сорбит; *в* — троостит

(5.8 сур). Басқаша айтқанда, температура төмендегенде аустениттің түрлену өнімдерінің шашыраңқылығы ұлғаяды. Шашыраңқылық деңгейі деп феррит пен цементтің көршілес пластинкалары арасындағы қашықтықты айтады.

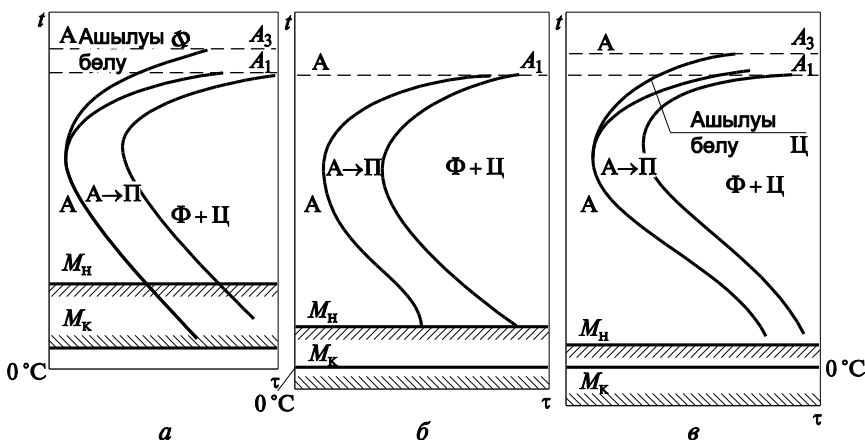
600...650 °C температурада сорбит, ал 550... 600 °C — троостит түзіледі.

Перлит, сорбит, троостит бір табиғатты құрылымдар - олар феррит пен цементтің механикалық қосындысы және шашыраңқылық деңгейінде ғана айырмашылық болады. Цемент пластинасының шашыраңқылығы ұлғайған сайын болаттың қаттылығы мен төзімділігі артады. Сорбиттік құрамдағы болаттың созылмалығы, иілгіштігі онша үлкен емес. Түрленудің төмен температурасында түзілетін трооститтің иілгіштігі төмен (d және u мәні төмен). Перлит, сорбит және трооститті перлиттік құрылымдар деп атайды.

Перлиттік құрылымдар цементтің формасына қарай пластина немесе түйір қалпында болуы мүмкін. Пластина құрылымдар біртекті (гомогенді) аустениттің түрленуінен, ал түйір – әр алуан аустениттен түзіледі. Бірінші жағдайда эвтекоидқа дейінгі болаттарды қыздыру A_{c3} нүктесінен жоғары температурада, ал эвтекоидтан кейінгілерде – A_{c1} нүктесінен жоғары температурада жүргізіледі. Осыған сәйкес түйіршік құрылымдар алу үшін қыздыру A_{c3} (A_{c1}) нүктелірінен төмен жүргізіледі.

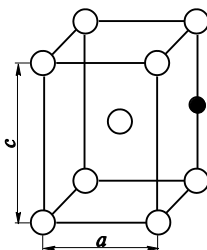
Сонымен, перлиттік құрылымдардың шашыраңқылығы суыту деңгейімен, ал цемент формасы – бастапқы аустениттің біртектілігімен анықталады.

Эвтекоидқа дейінгі және эвтекоидтан кейінгі болаттарда A_1 — A_3 температура интервалындағы эвтекоидтарға қарағанда, алдымен артық фазалар – феррит (эвтекоидқа дейінгі болаттарда) немесе артық цемент (эвтекоидтан кейінгі болаттарда) бөлінеді, аустениттің изотермиялық ыдырау диаграммасында бұл болаттарға артық фазалар бөлінуін сипаттайтын қосымша қысықтар кескінделеді. (5.9 сур).



Сурет 5.9. Суытылған аустениттің изотермиялық түрлену диаграммалары:
 а — эвтектоидқа дейінгі болат ; б — эвтектоидты болат; в — эвтектоидтан кейінгі болат

Аустениттің мартенситтік түрленуі. Аса жоғары суыту деңгейінде аустениттің термодинамикалық тұрақсыздығы ұлғаяды, көміртек диффузиясының жылдамдығы бірден төмендейді. Эвтектоидты болатта аустениттің 240 °С -дейін температурасы төмендеуінен көміртек атомдарының қозғалысы 0-ге тең болады да, аустениттің диффузиялық жолмен түрленуіне мүмкіншілік болмайды. Мұнда оның тек g^* а торлары өзгереді, ал көміртектің барлығы көміртектің тең қоспасы бөлме температурасында 0,006 %-дан аспағанмен, аустенит торында қалады.



Сурет 5.10. а, с параметрлі мартенситтің тетрагоналды кристалл ұяшықтары:

- О — темір атомдары ;
- — көміртек атомдары

Нәтижесінде а-темірде көміртек енуімен аса қаныққан қатты ерітінді түзіледі, мұндай құрылымды мартенсит деп атайды. Көміртегімен аса қаныққандықтан мартенсит торы қатты өзгереді және кубтық түр орнына тетрагоналды түрге айналады да, тор параметрлерінің қатынасы өзгереді, яғни $c/a \approx 1,001$ (5.10сур). Көміртегінің концентрациясы неғұрлым жоғары болса, мартенсит торының тетрагоналдығы соғұрлым жоғары болады.

Мартенситтің қаттылығы өте жоғары (64 HRC) және

Мартенситтің жоғарғы қаттылығы себебі кристалл торлардың қисаюымен, соған сәйкес, көміртек еруімен анықталатын ішкі кернеудің ұлғаюымен, сонымен бірге аустениттің мартенситке айналуында пайда болатын фазалық қабысуға байланысты. Бұның нәтижесінде мартенситтегі жылжу тығыздығы

салқындату арқылы өзгертін болаттар деңгейіне жетіп, $10^{10} \dots 10^{12} \text{ см}^{-2}$ -ге теңеседі.

Мартенсит кристалдарының түзілу жылдамдығы өте үлкен және 1000 м/с –қа дейін жетеді. Мартенсит пластиналары аустенит түйірлері шектеулеріне дейін немесе болаттың ақауы бар шетіне дейін өседі. Алғашқы пластиналарға бұрыш (60; 120°) болып орналасқан мартенситтің келесі пластиналары мартенситтің бастапқы пластиналарының көлемдері және аустениттік түйірлер шетімен шектелген.

Түрлену ағымының төмен температурасында мартенсит кристалдарының түзілу жылдамдығының жоғары болуы аустениттің кристалл торларының мартенсит торларына тікелей өтуіне байланысты (когерентты шектеулер).

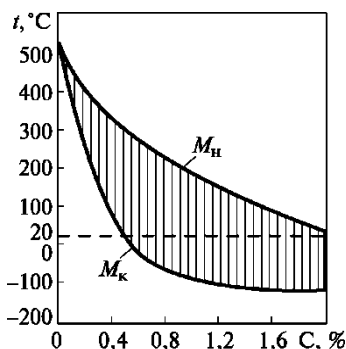
Жылдам түрленуде ара қашықтығы қатаң сақталған, атом аралық бөлшектер аз g а атомдар белгілі тәртіппен араласады. Сонымен бірге мұнда когерентті байланыс деп аталатын g - және a -темір торларының жалпы қабат тегістігі сақталады. Когерентті түрлену атомдардың бір тордан екіншісіне өткендегі жақын қашықтыққа орын ауыстыруын білдіреді. Сондықтан мартенситтің жаңа фазасының кристалл торы аустениттің бастапқы фазасына бағытталуы заңдылық болып есептеледі. Торлардың когерентті кернеуіне және фазалардың үлестік көлемдерінің әр алуандығына (аустенит пен мартенситтің) байланысты мартенситтік түрлену ірі ішкі кернеудің пайда болуына әкеледі. M_n и M_k мартенситтік түрленуінің басы мен соңындағы температура интервалында мартенситтік түрлену жүреді. Эвтекоидты болат үшін бұл 240 °С температурада басталып, -50 °С температурада аяқталады.

Алайда бұл температурада болатта түрленбеген, қалдық аустениттің біршама бөлігі сақталады. M_k нүктесінен төмен салқындату акырғы ыдырауға әкелмейді. M_n және M_k нүктелерінің орны суыту жылдамдығына тәуелді емес, бірақ болаттағы көміртек құрамына тәуелді.

(5.11сур).

Кобальт пен алюминийден өзге, аустенитте еритін барлық қосылған элементтер M_n және M_k температуралары мәнін төмендетеді.

Мартенситтік түрлену кернеуді қатты сезінеді, ал аустениттің деформациясы M_n жоғары температурада түрленуді жүргізеді (деформация мартенситі түзіледі).



Сурет 5.11. Мартенситтік түрленудің бастапқы M_n және соңғы M_k температурасына болаттағы көміртек құрамының әсері

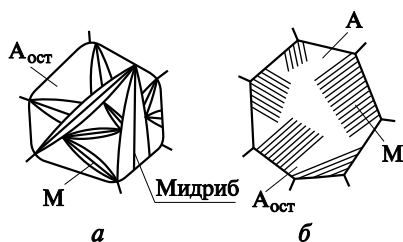
Өзі түзілетін температураға тәуелді құйманың құрамындағы кристалдардың морфологиясы мен қосалқы құрылымдары әр алуан. Мартенситтің екі түрін бөліп көрсетеді: ламельді (ацикулярлық) *и* пакетті (тірек) (5.12 сур).

Пластиналы мартенсит (5.12, *а* сур) M_n и M_k температурасының мәндері төмен болатын жоғары көміртекті болаттарда түзіледі. Бұл жағдайда мартенсит кристалдары ине тәрізді пішіндегі жалпақ пластиналар түрінде болады.

Пакеттік (төрткілдеш) мартенсит (5.12, *б* сур) төмен және орташа көміртекті, сонымен бірге құрылымдық қоспалы болаттарға тән. Бұл жағдайда мартенсит кристалдары бір бағытта пакетерге біріккен жұқа тактайшалар түрінде болады. Мартенситтің пакеттік (төрткілдеш) жұқа құрылымы тығыздығы (шамамен $10^{10} \dots 10^{12} \text{ см}^{-2}$) жоғары оралып (шиеленісіп) қалған орнынан ауытқуды (жылжуды) білдіреді. Қоспалы (қосылған) болаттарда мартенсит пакеттері ішінде қалдық аустенит қабаттары болады. Мартенсит кез келген морфологиясының кристалдар көлемі аустениттің бастапқы түйірінің көлемімен анықталады. Олар ірі болса, аустенит түйірі де ірі болады.

Мартенситтің бастапқы пластинасы аустенит түйірінің көлденең пішініне сәйкес келетін созылықты түрде болады. Төмен температурда түзілетін кристалдардың созылықтылығы төмен (5.12 а суретті қараңыз).

Егер эвтекоидты болатты бөлме температурасына дейін суытса, құрылымда мартенситтен басқа аустениттің біршама қалдығы болады. Бөлшектерді кесу кезінде оның қасиеттердің біртекті болмауына әкелетіндіктен аустенит қалдығының болмағаны абзал. Бұл жағдай өзге құрылымдармен салыстырғанда, мартенситтің үлес салмағы басым, ал аустениттікі -төмен екендігін көрсетеді. Сондықтан аустенит құрылымынан мартенситке өтуде бөлшектер көлемі мен өлшемі ұлғаяды. Мартенситтік түрлену ерекшеліктеріне – түрлену тек үзіліссіз суыту кезінде өтетіндігі жатады. Температураны мартенситтік түрленудің соңына дейін жоғары ұстауды тежеу аустениттің тұрақталуына әкеледі. Аустенит тұрақты бола түседі. Одан әрі суытуда оның түрленуі бәсең жылдамдықпен және толығымен жүреді.



Сурет 5.12. Пластиналы (инелі) (а) және пакеттік (төрткілдеш) (б) мартенсит түзілу сызбасы:
А, $A_{ост}$, М — аустенит, қалдық аустенит және мартенсит

Аустениттің тұрақталу тиімділігі суыту кезіндегі температураның тоқталуына байланысты. Атап айтқанда, мартенситтік түрленудің ерекшелігіне оның диффузиялық сипаттамасы, түзілудің M_s — M_f температурасы интервалында үздіксіз суытуға бағытталғаны жатады.

Мартенситке тән сипат - мартенситте көміртек құрамы көбейгенде ұлғаятын оның қаттылығы мен тығыздында. Көміртегі төмен мартенситтің (0,25 % көміртек) уақытша төзімділігі 1000 МПа құрайды, ал құрамында (0,6.. 0,7 % көміртек бар мартенситтің уақытша төзімділігі 2.600.2.700 МПа болады.

Алайда мартенситте көміртек құрамы ұлғайса оның сынып бөлінуге бейімдігі де жоғарылайды. Құрамында 0,35.0,4% көміртек бар мартенситтің жарықшақ, сынықтың пайда болуына төзімділігі бәсең болады, сонымен бірге K_{lc} бөлінуінің жабысқақтық мәні де төмен болады. Мартенсит түзудегі үлес салмақтың ұлғаюына шынықтыру кезіндегі өнімнің бөлінуі мен шытынауы, жарықтардың болуына жеткізетін үлкен ішкі кернеу себеп болады.

Аустениттің аралық (бейниттік) түрленуі. Аустениттің бейниттік (аралық) түрленуі перлиттік және мартенситтік түрленудің температуралық аймағында өтеді. Бұл түрленудің кинетикасы мен алынатын құрылымдар диффузиялық перлиттік және диффузиясыз мартенситтік түрлену кезінде алынатын кинетика мен құрылымдар сипатына ие болады: аустениттегі көміртек оның ыдырау өнімдері арасында тарайды және $g \rightarrow a$ мартенситті диффузиялық түрлену өтеді. Бейниттік түрлену нәтижесінде a -фаза(ферриттің) және карбидтің қоспасы түзіліп, оны *бейнит* деп атайды. A –фазаның кристалдары температураның аралық интервалында бастапқы g –фазамен мықты байланыстың когерентті ұлғаю, яғни мартенситтік түрленудегі мартенсит кристалдарының жетілуі секілді түзіледі.

Бірақ соңғы « мартенсит кристалдарының «жылдам» түзілуімен салыстырғанда, бейниттік түрленуде a –фазаның кристалдары шабан өсетіндігі аустениттен көміртекпен қосылған g -фазаны алу мақсатында көміртек атомдарын диффузиялық айыру қажеттілігімен байланысты.

Температураның аралық интервалында a –фаза көміртекпен біріккен g –фазадан түзілуі мүмкіндігімен түсіндіріледі. Бейниттегі карбидте перлит тән пластиналық құрылым болмайды. Бейниттегі карбид бөлшектері өте бытыраңқы, оларды тек электронды микроскоппен ғана көруге болады.

Температураның аралық интервалында жоғарғы және төменгі бөлігінде жоғарғы және төменгі бейнит түзіледі.(олардың арасындағы шартты шекара 350 °C). Жоғарғы бейнит қауырсын құрылымды, ал төменгі бөлігі – инелі, мартенситті.

Жоғарғы бейнит таралу сипаты мен карбидтік құрамына қарай төменгі бейниттен ерекшеленеді. Жүргізілген электронды –микроскопиялық талдау көрсеткендей, жоғарғы бейнитте карбидтік бөлшектер феррит пластиналары арасына немесе феррит пластинасы шетіне және ішіне орналасса, төменгі бейнитте карбидтің қосылуы тек пластин а – фазаның ішінде болады.

Жоғарғы бейниттегі карбидтік фаза –цементит, ал төменгі бейнитте – төзімділік уақыты ұлғайған кезде(болатты салған кезде) цементитмен ауысатын ϵ –карбид болады.

Егер суытылған аустениттің изотермиялық өзгеру өнімдерінің температурасының аралық интервалында өзінің құрамы, құрылымы және қасиеттері бойынша бейниттік өзгеру температурасы мен шығарылуы бірдей болса, жасытылған болат мартенсит өнімдеріне ұқсас болады.

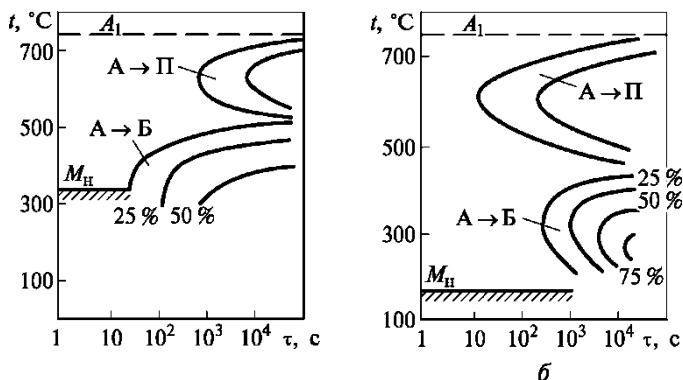
Бейнит перлитке қарағанда төзімді болады және оның төзімділігі изотермиялық өзгерістер температурасы төмендеген сайын арта түседі.

Бейниттің жоғарғы төзімділігі ферриттік кристалдардың шағын көлемдерімен, карбидтердің дисперстік бөлінуімен, көміртектің қанық болуына байланысты а-темір торларының өзгеруімен, сонымен бірге көміртек атомдарынан Коттрелла атмосферасымен бекітілген бейниттік феррит тығыздығының бұзылуымен анықталады. Перлиттік аумақтан бейниттік аумаққа(жоғарғы бейнит) өтуде иілгіштікті төмендетеді, одан соң температура төмендегенде қайта ұлғаяды (төменгі бейнит).

Жоғарғы бейнитке иілгіштіктің төмендеуі ферриттік кристалдар ернеуімен салыстырмалы қарастырғанда, қатты карбидтердің бөлінуімен байланысты өтеді.

Төменгі бейнитте карбид бөлшектері а-фазасының кристалдары ішінде орналасқан, сондықтан, болаттың төменгі бейниттегі тығыздығы ұлғайғанда, жоғары тұтқырлық сақталады.

*Қоспалы болаттардағы аустениттің изотермиялық түрленуі 5,7,және 5,9 суреттерде аустениттің изотермиялық түрлену диаграммалары құрамында көміртекті бөлшектер бар екендігі көрсетілген, сонымен бірге қоспалы болаттарға да тән қасиеттер бар. Карбид түзетін элементтер қосылған болаттың изотермиялық диаграммасында салқындалатын аустениттің бір емес, кемінде екі тұрақтылығы болады және олар перлиттік және бейниттік түрлену аумақтарына орналасады(5.13 сур). Екі түрлену де тұрақты аустенит аумағымен бөлінген. Доэвтектоидты және заэвтектоидты болаттар аустенитінің изотермиялық түрлену диаграммасында, сонымен бірге көміртекті болаттар диаграммасында қоспалы феррит немесе карбидтің шамадан тыс бөлінуіне сәйкес болатын қосымша сызық пайда болады*172



Сурет 5.13. Карбид түзетін қоспа элементтері бар болаттағы аустениттің изотермиялық түрлену диаграммалары (қисықтар түрлену деңгейін қатардағы сандар деңгейін көрсетеді):

a — төмен және орта құрамды көміртек; *б* — жоғары құрамды көміртек

Карбид түзетін элементтер қосылған перлиттік түрлену болаттың полиморфтық түрленуіне, көміртек пен қоспа элементтердің диффузиялық таралуына әкеледі. Нәтижесінде қоспалы перлит алынады (қоспалы феррит + қоспалы цементит) Бұл жерде болаттың бейниттік түрленуінің ерекшелігі- салқындатылған аустениттің бір бөлігі изотермиялық төзімділікте мүлде ажырамайды, тек одан әрі температура төмендегенде біршама бөлігі мартенситке айналады.

Қоспалы болаттағы аустениттің ыдырауынан болат бейниттен, біршама мартенситтен және ажырамаған (қалдық) аусениттен тұратын құрамда болуы мүмкін. Барлық қоспа элементтерден (кобальттан басқасы) салқындатылған аусениттің перлиттік және бейниттік түрленудегі тұрақтылығын арттырады. Аустениттің беріктік уақыты және түрлену жылдамдығы салқындату дәрежесіне байланысты.

Қоспалы аустениттің беріктігінің перлитік аумақта артуының себебі қоспалы болатта ферритті –карбидті құрылым түзу үшін диффузиялық таралау тек көміртекте ғана емес, сонымен бірге қоспалы феррит түзетін элементтерде, қоспалы цементитте және арнайы карбидтерде жүреді.

Бірақ қоспалы элементтердің диффузиясы аз жылдамдықпен жүреді, сонымен бірге карбид түзуші қоспалы элементтер болаттағы көміртек диффузиясын жылдамдығын айтарлықтай төмендетеді. Қоспалы элементтер полиморфтық түрленудің $g \wedge a$ жылдамдығын төмендетеді.

Бейнит түзілуде қоспалы аусениттің ыдырау процесінде диффузиялық қайта таралусыз тек көміртек диффузиясы жүреді, а – феррит және карбид

қоспалы аусениттің аралық өзгеру аумағында ыдырауы нәтижесінде бастапқы аусенитке ұқсас қоспалы элементтер сипатындағы цемент типтес а-феррит пен карбид түзіледі

Болаттың кешенді қосындысы мен болаттағы қоспа элементтер құрамының ұлғаюы нәтижесінде салқындатылған аусенит тұрақтылығы жоғарылайды. Алайда жекелеген қосынды элементтер перлитті және бейнитті аумақта аусенит тұрақтылығына біркелкі әсер етпейді

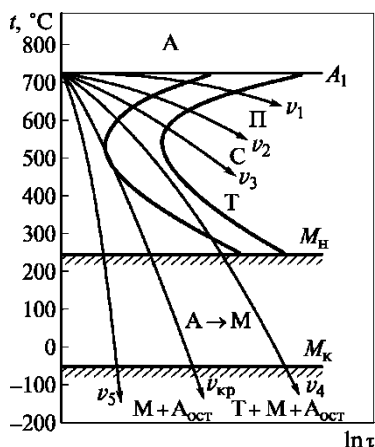
Әдетте, көміртегі құрамы төмен қосынды болатта салқындатылған аусениттің ең көп тұрақтылығы перлитті аумақта, ал ең азы – бейниттік аумақта байқалады (5.13 сур, а).

Керісінше, көміртек құрамы басым қосынды болатта аусениттің ең көп тұрақтылығы бейниттік аумақта, ең азы – перлиттік аумақта байқалады.

(5.13 сур, б).

Үзіліссіз салқындатудағы аусениттің түрленуі. Үзіліссіз суытудың аусениттің түрленуіне әсерін аусениттің изотермиялық ыдырауы диаграммасына қисықтар түсіру арқылы бақылауға болады.(5.14сур).

Бұл тәуелділікті бақылаудан салқындату жылдамдығы артқан сайын аусениттің салқындау деңгейі төмендейтіндігін, соған сәйкес, ферритті –цементті құрылым түзілетіндігін бақылауға болады. v_1 салқындатудың жылдамдығы аз болған кезде перлиттік құрылым түзіледі, v_2 салқындату жылдамдығы жоғары болса- сорбит құрылымы және одан да жоғары жылдамдықта –троостит құрылымы түзіледі,



Әдетте, көміртеккі болатты үздіксіз салқындатуда бейниттік құрылым түзілмейді. Аусенит бөлігі өте жоғары

(v_4 , v^A , v_5) жылдамдықта немесе тұтас аусенит M_n нүктесіне дейін салқындайды және жекелеген бөліктері (v_4 болғанда) немесе тұтасымен мартенситке айналады. Қалдық аусениттің біршама саны аусениттің M_n нүктесіне дейін салқындатылған негізгі бөлігі салқындатудың ең аз жылдамдығында мартенситке айналады және оны салқындатудың (шынығудың) сыни жылдамдығы $U_{кр}$ деп атайды.

Сурет. 5.14. Аусенит изотермиялық ыдырауы диаграммасында салқындату қисықтарын орнату

Жасытудың ең биік шамасының жылдамдығы аусениттің тұрақтылығына тәуелді және болаттың құрамымен анықталады. Болатты қоспалау нәтижесінде (C –үлгідегі қисық оңға жылжыған сайын) аусенит тұрақтылығы жоғарылайды да, таза мартенситтік құрылым алуға жасытудың ауытқымалы жылдамдығы аз талап етіледі. Көміртекті болат өте жоғары суарылу жылдамдығына (200...800°C/c) ие. Эвтекоидты болаттың жасыту жылдамдығы өте төмен. Болатқа 1% көміртек, 1% хром қосқанда суарылу жылдамдығы 3 есе азаяды, ал 0,4% молибден қосқанда жасыту жылдамдығы 200-ден 50°C/c -ке дейін төмендейді. Жасытудың жылдамдығын марганец, никель төмендетеді. Кобальт – аусениттің тұрақтылығын төмендететін және соған сәйкес жасыту жылдамдығын ең жоғарғы деңгейге жеткізетін бірден –бір қосынды элемент. Көптеген қосынды болатта жасыту жылдамдығы 20 °C/c аспайды.

Салқындатылған аусенит түрленуінің термокинетикалық диаграммалары

Көміртекті және қосынды болаттан жасалған өнімді термиялық өңдеу технологиясын жобалауда үздіксіз салқындату кезінде өтетін аралық түрленуде, температуралық үзіліс және болаттың құрылымдық өзгерістері туралы ұғым болуы керек. Бұл ұғымдарды нақты болат құрамының перлиттік, бейниттік және мартенситтік аумағындағы түрленуді көрсететін және нақты салқындату қисық сызбасын температура –уақыт координаттарында құрылған термокинетикалық диаграммалар көмегімен алуға болады. (5.15 сур).

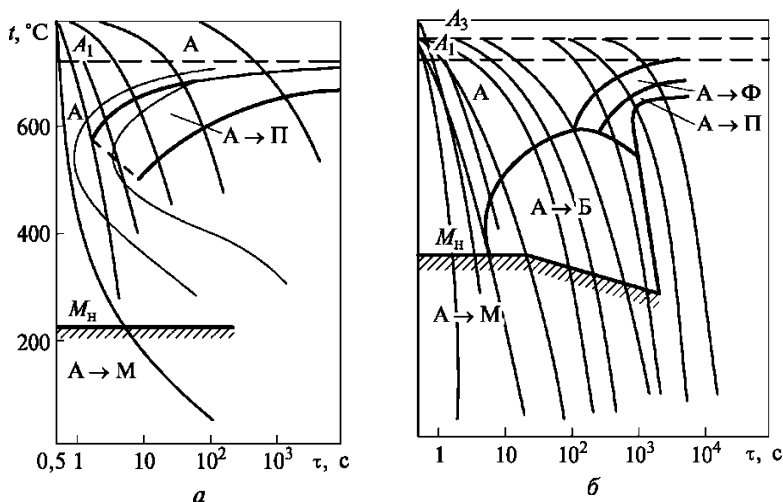
Термокинетикалық диаграммалар көміртекті болатты төмен жылдамдықта салқындатуда аусениттің ыдырауы тек перлиттің, сорбиттің, трооститтің шашыру деңгейі әр алуан ферритті –цементті құрылым түзуімен мүмкін екендігін көрсетеді.

Көміртекті болатта аралық өзгерістер жүрмейді. Салқындату жылдамдығы жоғары ($\dot{T}_{кр}$ жоғары) болғанда аусенит тек мартенситтік өзгеруден өтеді.

Қосынды болатта перлиттік аумақтан басқа бейниттік аумақ болады, онымен бірге салқындату жылдамдығын арттыру бейнит түзілуіне ықпал етеді.

Бейниттік түзілу соңына дейін жүрмейді, салқындатылған болат құрылымында бейнит, мартенсит және қалдық аусенит қалады.

Таза мартенситтік құрылымды алу үшін болатты салқындатуды перлиттік, бейниттік өзгерулер болмайтын өте жоғары жылдамдықта жүргізу қажет.



5.15 сур. Салқындалатын аусенит өзгерісінің термокинетикалық диаграммасы:
a — болаттың эвтектонды диаграммасы; *б* — доэвтектонды қоспалы болат (0,39 % көміртек, 1% хром, 0,15% молибден);
 — салқындалатын аусениттің изотермиялық өзгерісінің диаграммасы.

Суарылған болатты жұмсартудағы өзгерістер. Болат шынықтырылған кейін метатұрақты күйде болады. Шыныққан болаттың өнімі - көміртекпен жақсы қаныққан темір –мартенсит ерітіндісі және біршама қалдық аусенит. Шыныққан болаттың тығыздығы жоғары және төзімділікке ие, сонымен бірге морт сынғыш болады. Шыныққан болатты жұмсарту үшін оны төзімділік күйіне өткізу мақсатында температурасын A_{c1} нүктесіне дейін қыздырып, иілгіштігін және тұтқырлығын деңгейіне жеткізу қажет.

Болатты жұмсартудағы жүретін құрылымдық түрленулерде, біріншіден, көміртекті және қоспалы болаттарды жұмсартудың біршама өзгешеліктері бар - *болаттың құрамына байланысты* (жалпы ұқсастықтарына байланысты), екіншіден, - *нақты температура мен жұмсарту ұзақтығына байланысты*.

Көміртекті болаттарды жұмсартудағы жүретін процестерді қарастырамыз. Карбид бөлу арқылы *мартенситтің ыдырауы* – болатты жұмсартудағы негізгі үдеріс болып табылады. Температура мен жұмсарту ұзақтығына байланысты мартенситтің ыдырауы мынадай сатылардан өтеді: *алдын ала бөліну, аралық метатұрақты карбидтердің бөлінуі (FexC), цементит пен оның коагуляциясы*

Сонымен бірге, болатты жұмсартуда құрылымдық өзгерістер қалдық аусениттің ыдырауымен толығыды. Көміртеппен суарылған болатты жұмсартудың бірінші сатысы 200 °C (жұмсартудағы алғашқы өзгеру) температураға дейін қыздыру кезеңінде жүреді.

Мартенситтен карбидттік фазаның майда бөлшектері ($\text{Fe}_{24}\text{C-e}$ – карбид)бөлінеді.Сонымен бірге торлардың тығыздығы төмендейді. Жұмсарған мартенсит құрылымы түзіледі. 200... 300 °C температураға дейін қыздырғанда қалдық аусениттің ыдырауы(бұл қайталама өзгеру) жүреді.Қалдық аусенит қаныққан тығыз ерітіндіге және карбид бөлшектеріне айналады, яғни жұмсарған мартенсит түзіледі. Жұмсарту температурасы 300-400 °C дейін жеткенде көміртек Fe_3C түзіп, тығыз ерітіндіден толығымен бөлінеді (жұмсартудағы үшінші түрлену). Қыздыру температурасы 400 °C-ге дейін көтерілгенде болат троостит түзетін майда феррит және цементит қоспаларынан тұрады. Қыздыру температурасы 600 °C –ге жеткенде карбидтер коагуляциясы және мартенситтің толық кристалдануы (жіңішке мартенсит белгілерінің жойылуы) жүреді. Нәтижесінде болат сорбит құрылымына ие болады. Аусениттің (сорбит, троостит) ыдырауы нәтижесінде алынатын ферритті –цементті қоспаның мартенсит ыдырауынан түзілетін ферритті –цементті қоспалардан айырмашылығы бар.

Бастапқы жағдайда сорбит пен троостит *қатпарлы цемент қалпында*, ал екінші жағдайда – *түйір пішініне* ие болады. Цементиттің әр алуан пішіні механикалық қасиеттері деңгейінің әр алуандығын көрсетеді. Болатты жұмсартудан кейінгі түйіршікті құрылымдары оның тұтқыплығы, тығыздығы мен төзімділігі жоғарылығымен сипатталады. Болат жұмсарғаннан кейін аусенит ыдырауынан алынатын құрылымға сыртқы белгілері бойынша ұқсас келетін, бірақ ішкі құрылымында айырмашылық бар, сорбит және троостит құрылымына ие болады, жұмсарту нәтижесінде алынған құрылымды *жұмсарту сорбиті* және *жұмсарту трооститі* деп атауға шешім қабылданған.

Болатты жұмсарту металдың механикалық және пайдалану қасиеттеріне айтарлықтай ықпал етеді. Жұмсартудың төмен температурасы (250 °C-ге дейін) болаттың сынуға бейімдігін төмендетеді. Болаттың иілгіштік пен тұтқырлық қасиеттері температура (250 °C-ге дейін) төмендегенде, болаттың ішкі кернеуі мен болат құрылымының өзгеруіне байланысты біршама ұлғаяды. Температура 500-600 °C- ге дейін жоғарыласа болат беріктігі, уақытша төзімділігі және салыстырмалы ұзаруы, тұтқырлығы мен K_{Ic} сызат түсуге төзімділігі кемиді.

Көміртекті болатты жұмсартуда қоспа элементтердің ықпалы біртекті емес. Мартенсит ыдырауының бастапқы кезеңінде (200°C-ге дейін қыздыруда) қоспа элементтер айтарлықтай әсер ете қоймайды. Мартенсит ыдырауының екінші кезеңінде (жұмсартудағы үшінші өзгеру) көптеген қоспа элементтер түзілу процесі мен карбид бөлшектерін(с-карбида және Fe₃C) өсуін бәсеңдетуге күшті ықпал етіп, мартенсит ыдырау процесін тежейді. Беріктілігі жоғары қоспалы болаттарда мартенситтің жұмсартуы 450... 500°C температураға дейін сақталады.

Мартенсит ыдырауын хром, вольфрам, молибден, ванадий, кобальт, кремний жақсы тежейді. Карбидке айналдыру үшін жұмсартуда қоспа элементтер 450°C - ден жоғары температурада жақсы әсер етеді, олардың диффузиялық таралуына мүмкіндік болады. Қоспалы болатты 450°C температурадан жоғары жұмсартуда оның төзімділігі мен тығыздығын ұлғайтуға ықпал ететін арнайы карбидтер пайда болады.

Көміртекті болатты жұмсартуда қоспалы элементтердің басым бөлігі қалдық аусенит ыдырауының температуралық интервалын ұлғайтады. Егер қалдық аусенит 200.300 °C температура интервалында ыдыраса, қоспалы болатты қалдық аусенит 500.600°C температурда сақтала береді.

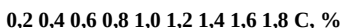
5.2. Болатты термиялық өңдеу технологиясы

Болатты жасыту. Жасыту деп болаттан жасалған бөлшектерді қажетті температураға дейін қыздырып, сол температурада ұстап және пеште ақырын салқындату арқылы біртекті, беріктігі азайған, қалдық кернеуден босату процесін қамтыған термиялық өңдеуді атайды. Тәжірибеде жасытудың екі түрін қолданады: I ретті және II ретті жасыту.

I ретті жасытуда болаттың бастапқы күйіне және қыздыру температурасына байланысты фазалық түрлену болмайды, гомогенезациялы, рекристаллизациялы, қалдық кернеулерді төмендететін жасыту жүреді(5.16 сур).

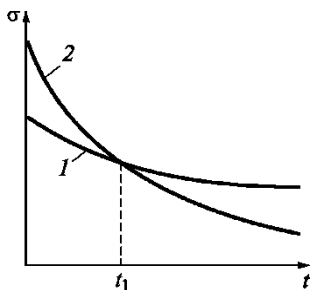
I ретті жасыту түрлерінің ерекшелігі - болаттың беріктігі күйінде *фазалық түрлену* бар ма, жоқ па оған байланысты емес.

Гомогенезациялы (диффузиялық) *жасытуды* металды кристалдауда пайда болатын химиялық ұқсас еместікті жою үшін қолданады.Мұндай жасытуды құймалар мен қоспалы болат қорытпаларына дендритті және ішкі кристалдануды жою үшін қолданады, бұл қысыммен өңдеуде жарықшақ пайда болудан, қабаттанып сынудан, ақ дақтар түрінде болатын ішкі сынулардан сақтау үшін қажет.



Диффузиялық жасыту кезінде қыздыруды болат құрамындағы жеке бөліктерді түзетуге қажетті диффузиялық процестерді жылдамдату үшін ең жоғары температурада жүргізеді. Әдетте қоспалы болаттар үшін гомогенезациялы(диффузиялық) жасытуды 1 050... 1250 °С интервалында таңдайды. Диффузиялық процестер қыздырудың басында жедел жүреді, уақыт өткен сайын баяу өтеді, гомогенезациялы(диффузиялық)жасытуда ұзақ уақыт температураны ұстаудың қажеті жоқ. Бұл электр энергиясын үнемдеу мен пештің өндіргіштігін ұлғайту үшін қажет. Әдетте гомогенезациялы(диффузиялық)жасытуда қыздыру 15.20 сағат уақытты алады. Қыздырылған бөлшектерді пеште 800... 820 °С –ге дейін, одан соң ауада салқындатады.Диффузиялық жасыту нәтижесінде ірі түйіршік алынып, одан әрі қысым арқылы немесе келесі термиялық өңделеді.

Рекристаллдану жасытуды суық пластикалық деформацияны жоюға қолданады. Мұндай жасытуды жүргізудегі негізгі үдеріс- металдың рекристалдануы болып табылады.



Сурет 5.17. Температураның қалдық кернеуге (1) әсері және ағым шектеуі (2):

t_1 — фазалық өту температурасында кыздыру, құю, дәнекерлеу кезінде түзілген және қалдық кернеуді азайту мақсатында жүргізіледі.

үсірудің негізгі процесі қалдық кернеуді толық немесе жартылай релаксациялау болып табылады. Бұл үдеріс жасытудың нақты температурасында ағымдық шектеуі қалдық кернеуден төмен болады да, пластикалық деформация жүреді, нәтижесінде қалдық кернеу ағым шектеуінің мәніне дейін төмендейді. 5.17сур). Іс жүзінде болат бұйымдардың жасытуы 160.400 °C температура интервалында бәсең салқындатумен өткізіледі.

ІІ ретті жасыту - көп жағдайда термиялық өндеуге дайындық болып саналады – жасыту процесінде төзімділік пен беріктік төмендеп, орта – және жоғары көміртекті болаттарды кесіп өндеу жұмыстарын жеңілдетеді. Болаттан жасалған құрал-саймандарды шала жасыту соңғы термиялық өндеудің алдында өтеді.

Өнеркәсіпте қайта кристалдану жасытуы қысыммен бастапқы суықпен өндеудің (материалға азғана пластика беру үшін) бастапқы операциясы ретінде қолданады және салқын деформация мен жартылай дайын өнімге қажетті қасиеттер беру үшін ақырғы термиялық өндеу аралығындағы аралық үдеріс болып табылады.

Құрамында көміртек бар (0,08...0,2 % көміртек құрамды) болаттарға 680... 700 °C аралығындағы жасыту температурасын пайдаланады. Жоғары қоспалы хромды және хром – никельді болаттар үшін 680.740 °C температура деңгейіндегі жасытуды 0,5.1,5 сағат бойы қолданады.

¹ Видманштеттік құрылым — эвтекоидқа дейінгі болаттың ерекше құрылым, мұнда феррит перлиттік түйірлер арқылы өтетін тұтас және үзілмелі инелі торлар құрады. Мұндай құрылым жасыту үдерісінде қатты қыздырудан немесе ыстық деформацияланудан пайда болады.

Көп жағдайда (мысалы, көптеген ірі құймаларда) II ретті жасыту ақырғы термиялық өңдеу болып табылады. II ретті жасытудың мынадай түрлері бар: *толық, шала және изотермиялық*

Толық жасыту үрдісін эвтекоидтқа дейінгі болаттарды 30...50 °C температурада $A_{с3}$ нүктесінен жоғары қыздырып,

осы температурада металдың толық қайта кристалдану мен бәсең салқындауы үшін қолданады(5.16 сур. қараңыз). Мұдай жасытуда салқындату кезінде біркелкі ұсақ түйірлі ферритті – перлитті құрылым қалыптастыратын ұсақ аустенитті түйірлер түзіледі. Сондықтан толық жасытуды түйірлерді майдалау мақсатында пайдаланады. Бұдан басқа, толық жасыту арқылы эвтекоидқа дейінгі болаттың құрылымдық ақауларын жояды. Жасыту кезіндегі салқындату жылдамдығы суытылған аустениттің тұрақтылығына, яғни болаттың құрамына тәуелді. Суытылған аустениттің жоғары тұрақтылығын игерген қосылған болаттар жасытуда көміртекті болаттарға қарағанда (жылдамдығы 100.200 °C/c) жай суытылады(жылдамдығы 30.100°C/c). Перлиттік аймақтағы аустениттің ыдырауынан кейін одан әрі суытуды жылдамдатуға және ауада өткізуге болады. Егер толық жасыту кернеуді түсіруге арналса, пешпен бірге баяу суытуды бөлме температурасына дейін жеткізіп өткізеді.

Шала жасытудың толық жасытудан айырмашылығы – болатты ең төмен температураға дейін ($A_{с1}$ нүктесі температурасынан жоғары, бірақ $A_{с3}$ нүктесінен төмен) қыздыруда. Эвтекоидқа дейінгі болаттарға бұл жасыту түрін шектеулі, негізінен, оларды кесіп өңдеуді жақсарту үшін қолданады, болаттың кей бөліктерінің қайта кристалдануы нәтижесінде (артық ферриттің бөлшектері аустенитке айналады) ұсақ перлит түзеледі. Шала жұмсарту жасытуы уақыт үнемдеу мен өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік береді. Шала жасытуды эвтекоидқа дейінгі көміртекті және қосылған болаттарға кеңінен қолданады. Шала жасытуда қыздыруды A_1 нүктесінен аз ғана жоғары температурада өткізеді, бұл іс жүзінде болаттың қайта толық кристалдануына және қарапайым пластина орнына түйір (сфероидалды) пішінді перлит алуға жеткізеді. Сондықтан бұндай жасытуды сфероидизирлеу деп атайды.

Мұндай жасытуға тар температуралық интервалы ($750... 780\text{ }^{\circ}\text{C}$) тән, эвтекоид құрамға жақын болаттарда жуасыту интервалы ерекше тар ($740.750\text{ }^{\circ}\text{C}$) болады. Түйір карбидтерді алу үшін легіріленген эвтекоидтан кейінгі болаттарды ең жоғарғы температура мен кең интервалда ($770.820\text{ }^{\circ}\text{C}$) қыздыру керек. Болаттың ақырғы құрылымы сфероидизирлеуші жасытудың суыту жылдамдығы мен температурасына тәуелді. Суыту жылдамдығы төмен болған сайын, аустенит ыдырауындағы карбид түйірлерінің көлемі ұлғаяды. Суыту жылдамдығын реттей отырып, майда глобулярлық перлиттен ірі түйірлі құрылымды алуға болады. Ұсақ түйірлі перлит өте қатты болады. Сфероидизирленген жасытуды көміртекті және легіріленген құрал – жабдықтық және шарикті мойынтіректер жасалатын болаттарға қолданады. Төмен және орташа көміртекті болаттардың жұқа табақшаларын және метал шыбықтарын да суық күйде штамптау немесе созу алдында иілгіштігін ұлғаюту үшін жасытады.

Түйірлі перлитке жасытылған кейін эвтекоидты және эвтекоидтан кейінгі болаттар кесіп өндеуге ыңғайлы болады.

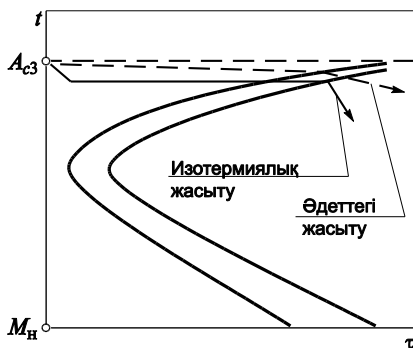
Изотермиялық жасытуды легіріленген болаттың өңделуін жақсарту үшін қолданады. Изотермиялық жасыту $A_{с3}$ нүктесінен жоғары $30.50\text{ }^{\circ}\text{C}$ жоғары қыздырып (толық жасытудағыдай) және салыстырмалы алғанда, жылдам A_{r1} нүктесінен (әдетте $660.680\text{ }^{\circ}\text{C}$ дейін) суытуды, мұндай температурада тепе – тең перлит құрылымының пайда болуы мен сонан соң ауада суытуды білдіреді. (5.18 сур).

Изотермиялық жасыту қайта кристалдану процесінің ұзақтығын біраз кемітеді, әсіресе қажетті қаттылық деңгейіне жету үшін қоспалы болаттарды толық жасытуда өте жәй суытады.

Сонымен бірге, изотермиялық жасытуда біртекті ферритті – перлитті құрылым алу көзделеді.

Изотермиялық жасыту ең тұрақты үдеріс; толық жасытуда температураның суыту жылдамдығын реттеуден гөрі оны қажетті деңгейде ұстаған пайдалы.

Изотермиялық жасытуға көбінесе шындалған (штамповка) және шағын көлемдегі сұрыптық прокат ұшырайды.



Сурет 5.18. Изотермиялық жасыту сызбасы

0,65... 0,9 % көміртек құрамды серіппелі болат арқандарды салқындату алдында патентирлеу деп аталатын изотермиялық өңдеуден өткізеді.

Арқандарды патентирлеуде біртекті аустенит алу мақсатында жоғары температуралы аустенизациялаудан өткізеді (қыздыру $t_{\text{сз}}$ нүктесі температурасынан 150.200°C –ге жоғары) және одан соң температурасы 450.550°C . Ерітілген тұздан өткізеді. Аустениттің ыдырауы нәтижесінде жұқа пластиналы троостит немесе сорбит түзіледі. Мұндай құрылым суықпен созуда үзілмей қатты қысылады (75% жоғары). Соңғы суықпен созудан кейін қаттылығы жоғары арқан алынады ($\sigma_b = 2\ 000.2250\ \text{МПа}$). Егер жасыту кезінде қыздырудан кейінгі суыту мен ұстау ауада жүргізілсе, мұндай процесті тұрақты жасыту деп атайды. Болатты тұрақты қыздыруда GSE сызығы температурасынан 30.50°C температураға жоғары қыздырып, ауада суытады. Жылдам суыту жәй жасытумен салыстырғанда аустениттің тым артық суып кетуіне ықпал етеді (5.15 сур). Сондықтан бірыңғай жасыту кезінде эвтекоидтың жұқа түзілімі (сорбит) және өте ұсақ эвтекоидты түйір алынады. Сондай –ақ тұрақты жасытуда артық фазалардың бөлінуі бәсең болады (дзэвтекоидты болаттардан ферриттің және ээвтекоидты болаттарда цемениттің) және квазивтекоид түзіледі. Нәтижесінде бірыңғай жасытудан соң болаттың беріктігі ұлғаяды. Тұрақтандыру болатты кесер алдында жұмсарту және болатты шынықтыру алдында жалпы құрылымын жақсарту және ақауларын жою қолданылатын үшін аралық операция ретінде пайдаланады. Сонымен, тұрақтандыруды тағайындау аралық операция ретінде жасытуға ұқсас. Жасытуға қарағанда тұрақтандыру пайдалырақ болғандықтан және өңдеудің бұл түрлерінің нәтижелері бірдей болғандықтан, тұрақтандыруды пайдалану тиімдірек,

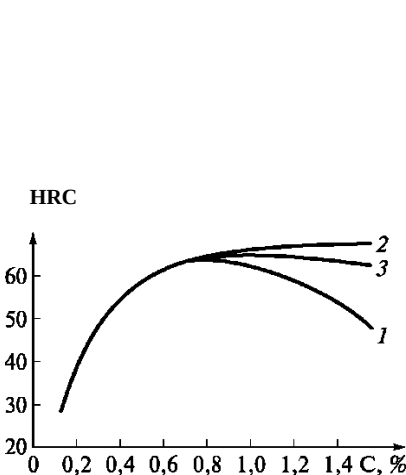
Алайда болатты жұмсарту операциясы ретінде үнемі жасытудың орнына қолданыла бермейді. Аустениттің суыққа ұшырау бейімділігі ондағы көміртек және қоспа элементтер құрамының ұлғаюына байланысты көбейеді, жасыту мен тұрақтандырудан кейінгі қасиеттеріндегі айырмашылық болаттың құрамына байланысты. Сондықтан, тұрақтандыруды жұмсартып жасыту орнына аустенит шабан салқындайтын көміртек құрамы аз болаттарға қолданады, бірақ оны астениттің аз ғана салқындауынан біраз қатайтын құрамында көміртегі басым болаттарға пайдалануға болмайды. Зэвтекоидты болаттарда тұрақтану қатты торын жоюға мүмкіндік береді, бұл Аст нүктесінен жоғары температурада қыздырғанда еритін цеменитті әрі қарай болатты тұрақтандыру процесінде жылдам суытуда цемениттің қатты торын қайта түзе алмайды. . Бұл болаттың қасиетін жақсартады. Тұрақтандыруды орташа және жоғары көміртекті дзэвтекоидты болаттарға, егер бұл болаттардың қасиеттері не қойылатын талаптар бірқалыпты және олар үшін жасытудың жоғары деңгейі қажет емес, тек ақырғы термиялық өңдеу ретінде пайдаланады.

Болатты шынықтыру. Болатты шынықтыру фазалық түрлену температурасынан асқан температурада қыздыруды, барлық түрленуді аяқтау үшін осы температурада ұстап тұру және жоғары беріктік пен қаттылықты қамтамасыз ету мақсатында бөлме температурасында тепе-теңсіз құрылымдар алу үшін жоғары жылдамдықпен суытуды білдіреді.

Қыздыру температурасына қарай толық және шала шынықтыру деп бөлінеді. Толық қыздыруды A_{c3} немесе A_{c1} нүктелерінен 30...50 °C температураға жоғары температурада жүзеге асырады. Шынықтырудан кейін біршама қалдық аустенит бар мартенсит құрылымы алынады.

Шала шынықтыруда болатты A_{c1} нүктесінен 30.50 °C-ге дейін жоғары температураға, бірақ A_{c3} және A_{c1} нүктелерінен төмен температураға дейін қыздырады. Мұндай жағдайда эвтекоидка дейінгі болаттар құрамы аустенит пен ферриттен, ал эвтекоидтан кейінгі болаттарда –аустенит пен қайтала цементиттен тұрады. Жылдам суытуда аустенит болаттағы көміртек құрамына тәуелді мартенситке айналады. Жылдам суытылған аустенит беріктігі болаттағы көміртек құрамына тәуелді болатын мартенситке айналады(5.19 сур).

Эвтекоидка дейінгі болаттардың шала шынықтырудан кейін құрылымы мартенсит пен феррит түйірлері, ал эвтекоидтан кейінгі болаттар мартенсит пен қайталама цементиттің дөңгелек қосылыстардан тұрады.



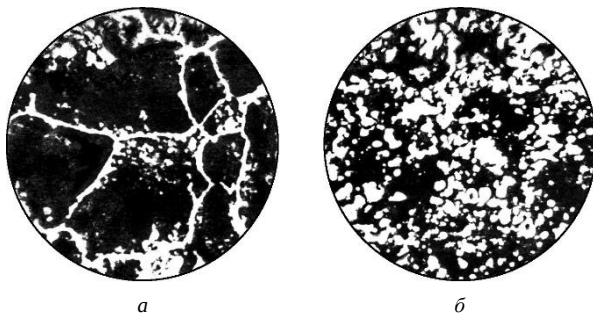
Эвтекоидка дейінгі болаттар құрылымында феррит болуы қаттылығын төмендетеді, сондықтан бұл шынықтыру сирек қолданылады. Эвтекоидтан кейінгі болаттарда ртық цементиттің болуы керісінше, пайдалы.

Эвтекоидтан кейінгі болаттарды құрал – жабдықтар дайындау үшін пайдаланады. Құрал –жабдықтар жасауға қолданылатын болаттарға қойылатын маңызды талап – олардың қатты болуы.

Толық шынықтырылғаннан кейін эвтекоидтан кейінгі болаттардың қаттылығы

Сурет. 5.19. көміртектің құрамының және температурасының - болат қаттылығына әсері:

- 1 - температурасынан жоғары қызу нүктесі A_{c3} ; 2 - сәрсенсенді-саңылаулар; 3 - жоғары температураны жылыту нүктелері A_{c1}



Сурет 5.20. Заэвтекоидты болаттың көміртекті құрамды микроқұрылымы 1,2 %, 500 есе ұлғайтылған:
 a — тор түріндегі артық цементит; b — түйірлі цементит

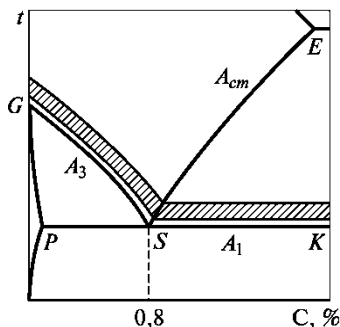
болаттардың мартенситтік құрылымында қалдық аустенит санының ұлғаюы есебінен кемиді. Қалдық аустенит көп болған сайын, көміртектің басым бөлігі болатты қыздығанда қатты ерітіндіге өтеді. Цементиттің дөңгелек қосылыстары болаттың қаттылығын төмендетпейді, қайта ұлғайтып, төзімділігін арттырады.

Сонымен бірге, қыздыру $A_{сг}$ нүктесі температурасынан төмен температурада өтетіндіктен түйірдің өсуі төмендейді, қыздыру кезіндегі термиялық кернеу төмендейді және металл үсті қатпарланбайды. Эвтекоидтан кейінгі болаттардың оңтайлы құрылымы қайталама цементиттің қосылысы сфероид пішінінде -түйір пішінді болғанда түзіледі. (5.20сур). Түйірдің шетіндегі цементтік тор болаттың нәзіктігін ұлғайтады. Сондықтан эвтеондтан кейінгі болаттарды шынықтырудың алдында сфероидациялау – жасыту жүруі керек.

Сонымен, эвтекоидқа дейінгі болаттарға толық шынықтыруды қолданған тиімді, эвтекоидтан кейінгілерге –шала шынықтыруды пайдалған жөн. (5.21 сур.).

Шынықтыруда ең жоғарғы қаттылықты алу үшін мартенситтік құрылымды алуға ұмтылу керек. Аустенитті мартенситке айналдыру үшін салқындату жылдамдығы *шынықтырудың дағдарысты жылдамдығы* деп аталады. Салқындату жылдамдығы суытылатын ортаның түрімен анықталады.

Шынықтырудың дағдарыс жылдамдығы аустениттің изотермиялық ыдырау диаграммасымен анықталады (5.15сур қараңыз)



Сурет 5.21. Көміртекті болаттарды қыздырудағы оңтайлы температура

Аустенит ферритті -цементті қоспаға айналуының алдын алу үшін, жылдам суыту аустенит тұрақтылығының аз аймағына қажет (500...650°C).

300 °C төмен температурада бәсең салқындату тиімді. Металды жоғары жылдамдықпен суытқанда металл бөлшектерінің қисаюы және жарылып кетуі секілді ішкі кернеулер пайда болуы мүмкін. Қыздыруда ішкі кернеулер бөлшек кималарындағы суыту кезіндегі температураның әр алуандығы және бөлшектің әр аумағында фазалық түрленудің уақытының әр қилылығына байланысты түзіледі. Фазалық кернеудің пайда болуы аустенитке қарағанда мартенсит үлес көлемінің ұлғаюына байланысты. Шынықтырылған болатты сұйық ортада суытудың әр түрлі жылдамдығын сипаттайтын үш кезеңін бөліп көрсетуге болады:

- Қабықты қайнау кезеңі, мұнда жылу беруге бу қабығының түзілуіне байланысты салқындау жылдамдығы азаяды;
- Көпіршікті қайнау кезеңі, бу қабы бұзылып, салқындау жылдамдығы біраз ұлғаяды;
- Конвективті жылу алмасу кезеңінде, бөлшектің температурасы сұйықтың қайнау температурасынан төмен болғандықтан, салқындау жылдамдығы тез төмендейді.

тұз және сілтілі ерітінділерді қолдану қабықты қайнау кезеңін төмендетеді, бұл өз кезегінде перлиттік интервалда салқындату жылдамдығын ұлғайтуға мүмкіндік береді.

1980 жылдары өнеркәсіпте полимер шыңдалу ортасы тобын біріктіретін жаңа орта, перлиттік интервалда салқындату жылдамдығын қамтамасыз ететін, суда суыту жылдамдығына жақын, ал мартенситтік интервалда – майды суыту жылдамдығына жақын орта қолданыла бастады.

Мұндай ортаны геометриялық құрылымы күрделі және қалыңдығы әр алуан бөлшектерге қолдану тиімді. Шынықтыруы әр алуан ортадағы болатты суыту жылдамдығының мәндері 5.1 кестеде көрсетілген. 5.1 кестенің мәліметтері әр алуан температурада суытудың оңтайлы жылдамдығына жетуді қамтамасыз ететін шынықтыру ортасы жоқ екендігін көрсетеді. Мартенсит түзілудегі тұз және сілтілі ерітінділер қисықтар мен жарықшақтар тудырады, ал мұндай температурада жақсы қасиетке ие болатын майдың 650... 550 °C температурада пайдалылығы аз.

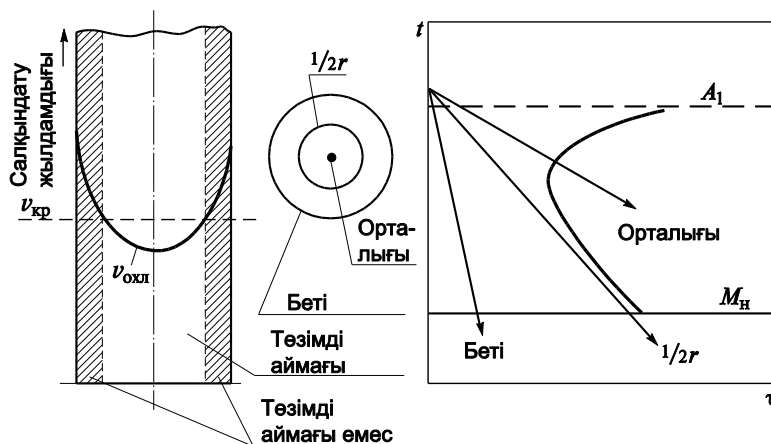
Болаттың балкуы деп қыздыру аумағының тереңдігін айтады. Балқытуда бөлшектің бөлшектің үстіңгі беті жылдам салқындайды да, өзегі бәсең салқындайды. Бөлшек кимасы бойынша суыту жылдамдығының таралуы детальдың үстіндегі суыту жылдамдығынан жоғары, ал ортасында – төмен екендігін көрсетеді.

5.1 кесте. Әр алуан шынықтыру орталарында, γ суыту жылдамдығы, $^{\circ}\text{C}/\text{с}$

Шынықтыру ортасы	Температура интервалы, $^{\circ}\text{C}$	
	650 ... 550	300 ... 200
18 $^{\circ}\text{C}$ температурадағы су	600	270
50 $^{\circ}\text{C}$ температурадағы су	1 00	270
Натрий сүтегісінің судағы 10%- ерітіндісі	1 200	300
Натрий хлоридының судағы 10% судағы ерітіндісі	1 100	300
Минералды май	100...150	20 ... 50
Тыныш ауа	3	1
Полимерлік шынығу ортасы ПК-2	300 ... 550	50...100
Полимерлік шынығу ортасы ВП-3	300 ... 550	50...100

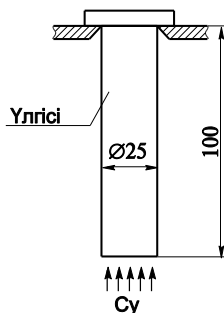
(5.22сур). Шынықтырылған аймақтың ену тереңдігі штрихталған қабатқа сәйкес, яғни $\Pi_{\text{кр}}$ шынықтыру дағдарыс жылдамдығы қисығының қиылысу нүктесінен және $\Pi_{\text{охл}}$ салқындату жылдамдығынан өтеді. $\Pi_{\text{кр}}$ аз болған сайын, болаттың балқуы тереңдей түседі. Суытудың ең биік жылдамдығы секілді, балқыту аустениттің түрлену жылдамдығымен, яғни изотермиялық түрлену диаграммасындағы қисықтар орнына байланысты. Балку тереңдігі ретінде жартылай мартенситі аймақ қабатын қабылданады (50 % мартенсит + 50 % троостит).

$D_{\text{кр}}$ ең шектеулі диаметр — суытқышта тегіс балқыту қимасының ең үлкен диаметрі (50 % мартенсит-



Сурет 5.22. Суыту жылдамдығының болаттың балқуына әсері:

r — дайындау радиусы



Сурет 5.23. Схемасы сынау прокаливаемость әдісімен төменгі шынықтыру

Болаттың балқуына оның құрамы (көміртек пен қоспалы элементтер құрамы) мен шынықтыру ортасының сипаты да әсер етеді. Қоспалы болаттардың көміртекті болаттармен салыстырғанда, балқу біраз жоғары, бұл қоспалы болатта суытылған аустенит тұрақтылығының ұлғаюымен байланысты. Көміртекті болаттардың балқу көміртек құрамына байланысты: көміртек кемісе, балқу да төмендейді.

Суыту жылдамдығын кеміту балқудың төмендеуіне әкеледі. Маймен шынықтыруда бөлшектердің тесіп балқытуы орташа көміртекті болаттарда 3...44 мм құрайды, суда шынықтыруда – 10...15 мм болады.

Дайындалатын өнімнің көлемі ұлғайған сайын балқу жылдам кемиді.

Мысалы, 45 болаттан диаметрі 40 мм болатын өнім дайындауда мартенситтік құрылым 4 мм тереңдікті ғана алады. Өңделетін болат маркасын таңдауда балқыту механикалық қасиеттерімен бірге, технологиясы мен өзіндік құны да қарастырылады. Кей жағдайларда балқыту тесіп өтуден кем болуы мүмкін. Егер дайындалатын бөлшектерді бұрау және иіу керек болса, пайда болған кернеу үстінгі бетіндегі ең жоғарғы кернеу орта бөлігінде нольге дейін төмендейді. Мұндай бөлшектер үшін тесіп балқыту қажет емес, үстінен 0,25 – 0,5 радиус қашықтықта балқыту жеткілікті. Қыздырып шынықтырылған болат бөлшекті суыту тәсілін болаттың формасына, көлемі мен химиялық құрамына байланысты таңдайды.

Болаттың формасы күрделі және кимасы да үлкен болған сайын, шынықтыруда пайда болатын кернеу де жоғары және жарықшақтар пайда болу қаупі туындайды. Болатта көміртек құрамы көп болса, түрлену кезінде көлемі өзгерістер өтеді және ақаулар мен жарықшақтар пайда болу қаупі көбейеді, сондықтан шынықтыру кезіндегі суыту тәсілін таңдауда мұқият болу керек.

т + 50 % троостит). Деталдың ортасын суытудың ең аз жылдамдығы шынықтырудың ең үлкен жылдамдығынан жоғары. Суда суыту кезіндегі ең шектеулі диаметрі майда суыту диаметрінен жоғары. Ең шектеулі диаметрді анықтаудың қарапайым әдісі – дөңбекпен шынықтыру әдісі (5.23 сур). Шынықтырудан соң үлгінің бойлығы бойынша бүйірлік бетінің қаттылығын өлшейді.

Балқу болаттың маңызды сипаттамасы болып табылады. Тесіп балқыту кезінде өнімнің кимасындағы механикалық қасиеттер бірдей, ал теспей балқытуда металдың беріктігі, иілгіштігі және созыңқылығы төмендейді. Беріктігі жоғары болған сайын, бөлшектің кимасы да ұлғаяды және балқытудың да мәні жоғарылайды.

Суытудың таңдалған қисығы суытудың басында аустениттің тұрақтылығы аз интервалынан жоғары жылдамдықпен және суытудың соңында мартенситтік түрленуде төмен жылдамдықпен өтумен сипатталуы тиіс. (5.24 сур).

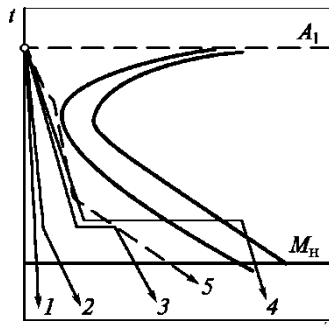
Шынықтырудың қарапайым тәсілі — бір салқындатқышта шынықтыру (1 қисығы), мұнда қыздырылған бөлшек суытатын сұйыққа батырылады және сонда толық суығанша қалады. Бұл тәсілдің кемшілігі ішкі кернеудің пайда болуында.

Көміртекті болаттардан жасалған қимасы 5 мм болатын бөлшектерге шынықтыру ортасы ретінде су, ал көлемі кіші бөлшектер мен қоспалы болаттарға май қолданылады.

Ішкі кернеуді төмендету үшін екі ортада бастапқыда бөлшекті суда 300...400 °С –ге дейінгі тем суығанша майға көшіреді. Бұл тәсілдің кемшілігі сұйығындағы төзімділігін реттеудің қиындығында

суыту сұйығындағы төзімділік уақытын нақты реттеуге сатылы шынықтыру арқылы жетуге болады. (3 қисық). Мұндай тәсіл кезінде бөлшек температурасы M_n болаттың мартенситтік түрлену температурасынан біраз артық температурадағы (30,50°C) тұзды моншаға батырылады да, барлық қимасы бойынша бірдей температураға жеткенше ұстап, одан соң ауада суытылады. Мартенситтік түрлену ауада баяу суыту кезінде жүреді, ол ішкі кернеу мен үгітілу мүмкіндігін төмендетеді. Бұл тәсілдің кемшілігі бөлшек көлемінің шектелуінде. Суытудың төмен жылдамдығы әсерінен салыстырмалы түрде алынған қыздырылған ортада шынықтырылған ірі бөлшектердің орта аймағында салқындау ең төмен температурада болуы мүмкін. Бұл тәсілмен шынықтырылған көміртекті болаттардан жасалған бөлшектердің ең үлкен диаметрі 10 мм, ал қоспалы болаттарда -20.30 мм болады.

Изотермиялық шынықтырудың сатылы шынықтырудан ерекшелігі су моншасында (4 қисық) болат аустениттің изотермиялық түрленуі аяқталғанша ұсталады. Әдетте тұзды моншаның температурасы 250... 350°C құрайды.



Сурет 5.24. Әр алуан шынықтыру тәсілдері:

- 1 — бір ортада шынықтыру ; 2 — екі ортада шынықтыру ; 3 — сатылы шынықтыру ; 4 — изотермиялық шынықтыру ; 5 —

Изотермиялық шынықтыру нәтижесінде пластиналығы мен созылғыштығы жоғары қаттылығы 45.55 HRC бейнит құрылымы алынады. Төзімділік ұзақтығы аустениттің изотермиялық түрлену диаграммасымен анықталады.

Жұмсарту арқылы шынықтыру жоғары қаттылық пен созылғыштық үйлесуі қажет балға, қашау секілді құралдары термиялық өңдеуге қолданылады. Мұндай жағдайда өнімдерді шынықтыру моншасында шала суығанша ұстайды. Ішкө бөліктердің жылуы есебінен үстіңгі қабаттарының жылынуы қажетті температураға дейін жүреді, яғни өзін –өзі жұмсартады.

Бөлме температурасында шынықтырылған болар құрылымында біршама қалдық аустенит болады. Қалдық аустенит бөлшектің қаттылығы мен төзімділігін төмендетеді және төмен температурада қолдану әсерінен аустениттен мартенситтің өзінен –өзі түзілуі олардың көлемдерінің өзгеруіне әкеледі. Құрылымда қалдық аустенитті төмендету үшін суықпен өңдеуді қолданады.

Суықпен өңдеу болатты M_K мартенситтік түрлену соңының температурасынан 0°C –ден төмен температурадағы (әдетте -75°C ден төмен емес)құрғақ мұздың спиртпен қосындысында суытуды білдіреді.

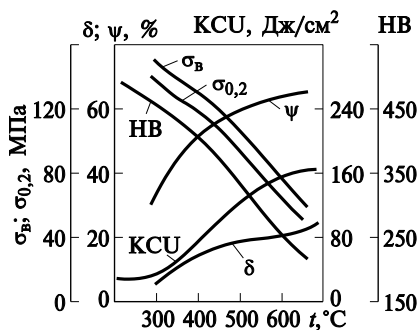
Шынықтырудан кейін аустениттің тұрақталуын болдырмау үшін бірден суықпен өңдеу жүргізу қажет.

Болатты босандату. Босандату болатты оның ең шекті A_{c1} нүктесінен төмен температураға дейін қыздырудан тұратын , одан әрі болаттың ақырғы құрылымын қалыптастыратын термиялық өңдеудің қорытынды операциясы. Босадатуды шынықтыру операциясынан кейін өткізеді. Шынықтырылған болатты қыздыру кезіндегі құрылымдық өзгерістер оның қасиеттерін де өзгертеді. (5.25сур).

Шынықтырылған болатты қыздыру температурасына байланысты босандатудың үш түрін ажыратады.

Төмен температуралық босандатуды 150. 200 $^\circ\text{C}$ температурада өткізеді. Төмен температуралық босандатудың мақсаты –бөлшектердегі ішкі кернеуді азайту және жоғары қаттылықты сақтай отырып, мартенситтің нәзіктігін азайту, төзімділігін нығайту.

Болат құрылымы төмен босандатудан кейін мартенсит құрылымын түзеді. Босандатудың бұл түрі қаттылық пен тозуға төзімділікті талап ететін кескіш аспаптарға, өлшегіш аспаптарға, машина құрылысы бөлшектеріне қолданылады. *Орташа* босандатуды 350.450 $^\circ\text{C}$ температурада өткізеді.



Сурет 5.25. Өзгерту механикалық қасиеттерін закаленной болды, күтіп 0,4 % көміртегі, температураға байланысты демалыс

Орташа босандатудың мақсаты - болаттың қаттылығын төмендетіп, тұтқырлығын жоғарылату. Болат құрылымы қаттылығы, тұтқырлығы мен төзімділігі жоғары троостит түрінде болады және соққыға төтеп беретіндігі жақсарады.

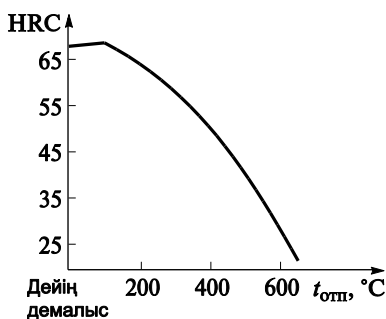
Жоғары босаңдату. Жоғары босаңдатуды 550... 650°C температурада өткізеді. Жоғары босаңдатудың мақсаты қаттылық, тұтқырлық қасиеттердің оңтайлы үйлесіміне жету болып табылады. Болат құрылымы түйірлі цемент бар біртекті сорбитке түрленеді. Жоғары босаңдату жоғары кернеу мен соққылау жүктемесіне төтеп беретін конструкциялық болаттарға, бөлшектерге қолданылады.

Механикалық қасиеттердің жалпы кешенін жақсартуға бағытталған жоғары босаңдатумен шынықтырудан тұратын термиялық өңдеу - конструкциялық болаттарды термиялық өңдеудің негізгі түрі болып табылады және *жақсарту* деп аталады. Босаңдату температурасын берілген қаттылық байланысты таңдайды.

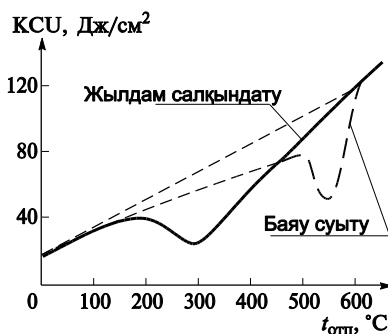
Бұл жағдайда өнімді ең үлкен қаттылыққа шынықтырады, содан соң қаттылықты қажетті деңгейге дейін босаңдатады. Шынықтырылған 0,8 % көміртекті болатты босаңдатуда қаттылықтың өзгеруі 5.26 суретте көрсетілген. Болаттың тұтқырлығы, әсіресе қоспалы болаттарда босаңдату тәртібіне: босаңдатудан кейінгі температураға, төзімділік уақытына және суыту жылдамдығына тәуелді. (5.27 сур). Болатта нақты температура мен баяу суытуда босаңдату нәзіктігі пайда болады.

I және II текті босаңдату сынғыштығы болып бөлінеді.

I текті босаңдату сынғыштығы (қайта түрлену болмайды) шамамен 300°C температурада (250...400 °C интервалында) қоспалы, сонымен бірге көміртекті болаттарда байқалады



Сурет 5.26. Шынықтырылған эвтекоидты көміртекті болаттың HRC қаттылығының жасыту $t_{отп}$ температурасының тәуелділігі



Сурет 5.27. Жасытудан кейін $t_{отп}$ жасыту температурасы мен c и суыту жылдамдығының хромды-кремнилі болат тұрақтылығына әсері KCU

I текті босандату сынғыштығының себебі - босандату кезіндегі мартенситтің шектеулер мен түйір ішінде біркелкі ыдырамауы. Метал бетіне қарай карбидтер жылдам бөлінеді, ол жерде кернеу жиналуы түйірлерді сынғыштыққа жеткізеді. Босандату температурасы мен қыздыру ұзақтығы ұлғайғанда түйір қимасының құрылымы теңеседі де, I текті босандату сынғыштығы жойылады. 250...400 °C температурасында қайталама босандату сынғыштығын болдырмайды.

II текті босандату сынғыштығы (қайталама) босандатудан соң 450.550 °C температурасында баяу суыту кезінде байқалады. Босандатудың бұл түрі қайталамалы. Баяу суыту кезінде түйір шеттерінде сынғыш ұсақ карбидтер, фосфидтер мен нитриттер бөлініп үлгереді. Жылдам суытуда бұл бөлшектер бөлінбейді. Сынғыштықтың бұл түрі қоспалы болаттарға тән, құрамында хром мен марганец құрамы жоғары екендігі байқалады. Болатқа молибден (0,2.0,3%) немесе вольфрам (0,6.1 %) енгізу II текті босандату сынғыштығын төмендетеді. II текті босандату сынғыштығымен күресу жолдарына босандатудан соң ауада емес, майда суыту, ірі бөлшектер үшін – суда да, сонымен бірге болатты молибден мен вольфрамнан қосымша қоспалау шаралары жатады.

5.3. Болат өнімдерінің үстін қатайту.

Бетін пластикалық деформация әдісімен қатайту. Болат бөлшектерді 0,7 мм-ге дейін өңдеуге және бетін 15мм тереңдікке дейін бетін шығыршықпен тегістеуге мүмкіндік беретін ұнтақтап өңдеу пластикалық деформациялау әдісінің бетін қатайтудың тиімді тәсілдері болып табылады. Мұнда материалды өзгертпей тығыздығын ұлғайтуға мүмкіндік беретін бөлшек бетінің бекуі жүреді. Механикалық және термиялық өңдеуден өткен дайын бөлшектерді қақтап бекітеді.

Ұнтақтап өңдеу кезінде метал бөлшектер бетіне арнайы ұнаттағыш құралдар арқылы үлкен жылдамдықпен диаметрті 0,5.1,5 мм болатын болат немесе шойын ұнаттағыштар ағымын жібереді. Ұнтақтағыш соққылары беткі қабатты пластикалық деформацияға жеткізеді, оның беті қатай түседі. Оның бетінде қысудың қалдық кернеуі құрылып, төзу тығыздығы жоғарылайды., ұсақ ақаулары тегістеліп кетеді. Егер беткі қабатта қалдық аустенит болса, қақтап бекітуге байланысты оның фазалық түрленуі мартенсит түзумен жүреді және бұл оның тығыздығы мен тозуға төзімділігін қосымша арттырады. Ұнтап өңдеуде бетіндегі кернеу шоғырланған ұсақ ақаулар тегістеледі. Рессордың бетін, тісті доңғалақты, серіппені, шынжыр табанын, мікбастың бетін ұнтақтап өңде.

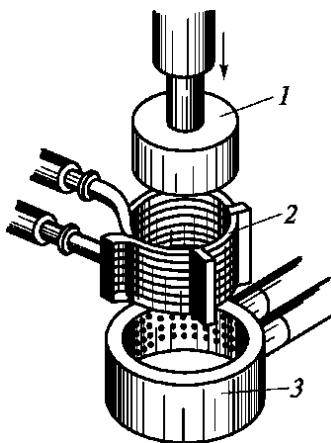
өндеу нәтижесінде рессордың төзімділік деңгейі 1,5 есе ұлғаяды және қызметі ұзақ мерзімге өседі. Арнайы икемделген құралдар арқылы шығыршықпен айналдыруды қарапайым токарлық және жонғыш станоктарда жасайды. Шығыршыққа қысым түсіру серіппелер көмегімен жүзеге асырылады. Шығыршықпен айналдыруды білік мойындарын, темір жол вагондары белдіктерін, иінді біліктерді және өзге де бөлшектерді өндеуге қолданады. Айналдыру өңделетін бетті тығыздап қана қоймайды, оның тазалығын да жоғарылатады.

Үстінен шынықтыру. Болаттың үстінгі қабатын Ас3 нүктесі температурасынан жоғары температураға дейін қыздыру, одан әрі бөлшектің жоғарғы бетінде қатты тығыздық пен қаттылықты тұтқыр өзегімен алу үшін суытуды айтады.

Жоғары жиіліктегі қыздырудың жоғары жылдамдығы (секундына жүздеген градус) фазалық түрленуді жоғары температура аймағына орналастыруға себептеседі. Сондықтан, жоғары жиілікті температура қарапайым пештегі шынықтыру температурасынан жоғары болған сайын, қыздыру жылдамдығы да жоғары және эвтекоидқа дейінгі болаттардан артық ферриттің бөлінуі де ірірек болады. Мысалы, болат пеште қыздыруда 840... 860°C температурада шынықтырылады, индукциялық қыздыруда жылдамдығы 250°C/c – болатын 880.920°C, қыздыру жылдамдығы 400 °C/c болғанда -930.980 °C.

Шынықтыру қыздыруын жиілігі жоғары токпен (ЖЖТ) -ерітілген металға, тұздарға, газды немесе оттекті –ацетиленді от шілтерін пайдаланады және бұл кең таралған тәсіл, сонымен бірге лазерлік сәулелермен шынықтыру қолданылады.

ЖЖТ қыздыруда ауыспалы токпен қалыптасқан индуктор бойымен өтетін магниттік ағыс 2 индукторда орналасқан метал бөлшектеріндегі 1 құйындап аққан тоқты индукциялайды.(5.28 сур). Индуктор пішіні өнімнің сыртқы пішініне сәйкес келеді. Индуктор дегеніміз ішінде айналып тұратын суы бар мыс түтікшелер. Қыздыру жылдамдығы ток күшінің квадратқа пропорциональ бөлінетін жылу саны мен металл кедергісіне тәуелді.



Сурет 5.28. Жоғары жиілікті токпен үстінен шынықтыру:
1 — шынықтырылатын бұйым; 2 — индуктор; 3 — суытқыш

Бөлшектің қимасы бойынша тоқ тығыздығы тепе –тең емес, үстіңгі бетінде өзегіне қарағанда біраз жоғары. Жылудың негізгі бөлігі жұқа үстіңгі қабатта бөлінеді. Тоқтың металға ену тереңдігі қыздырылған металдың қасиетіне байланысты және тоқ жиілігінің квадрат түбіріне пропорционалды. Тоқ жиілігі қанша көбейсе, қыздырылған қабат сонша жұқа болады. Әдетте жиілігі 500... 15000 Гц болатын машина генераторлары мен жиілігі 106 болатын лампа генераторлар қолданылады. Машина генераторларын қолданғанда шынықтырылған қабат қалыңдығы 2.10 мм құрайды, лампалық – миллиметрдің ондық үлесінен 2 мм-ге дейінгі қалыңдықты құрайды. Индукторда қыздырған бөлшекті арнайы суытатын құралда суытады. Құралдың тесігі арқылы металл бөлшегі бетіне суытатын сұйық шашылады..

Болаттың шыныққан қабатының құрылымы мартенситен, ал өтпелі аумағы – мартенсит пен ферриттен тұрады. Терең қабаттары ең жоғарғы температураға дейін қызады және суытуда қатаймайды. Бөлшек өзегінің тығыздығын арттыру үшін үстіңгі бетінен шынықтыру алдында тұрақтандырудан немесе жақсартудан өткізіледі. Әдетте қыздыру уақыты 10 с дейін, ал жылдамдығы 100.1000 °C/с.

ТВЧ Үстіңгі бетін шынықтырудың жетістігі шынықтырылатын қабаттың реттелуі, жоғары өнімділік пен автоматты түрде жүргізу мүмкіндігі, қабыршақтану мен тілмеленудің жоқтығы болып табылады. Кемшілктеріне индуктордың жоғары құны (әр бөлшек үшін жеке құн) және ТВЧ бөлшек өндіріс жағдайына аз қолданылуы жатады.

Үстінен шынықтыру үшін 0,4 % көміртек құрамды болаттарды пайдаланады. Тереңіне дейін қыздыру бұл әдісте қолданылмайды, сондықтан қоспалы болаттарды пайдаланбайды. Шынықтырудан кейін 200°C температурадан төмен жасыту жүргізіледі немесе өзінен –өзі жасыту жүреді. Шынықтыру мен жасытудан кейін болаттың үстіңгі қаттылығы 45.55 HRC, ал өзегінде 25.30 HRC.

Жоғары жиілікті шынықтыруға иінді білік мойындары, жұдырықша білік, цилиндр қауызын, поршень буындары, рессорлар және т.б бөлшектер ұшырайды. Бөлшек беріктік қабатының қалыңдығын таңдау оның атқаратын жұмысына байланысты. Егер бөлшектен тек тозуға төзімділік талап етілсе, оның қабатының қалыңдығы 105.3 мм, ал оған түсетін күш ұлғайса, қалыңдығы 5.10 мм дейін ұлғаяды. Үстінен шынықтыруға жеке индукторлар дайындау қажеттігі керек болмайтын лазермен қыздыруды пайдалануға болады. Лазерлер атқаратын жұмыс негізіне атомдарды индукциялық сәулелендіру есебінен болатын электромагниттік тербелістің үдеуі алынған оптикалық диапазонның кванттық генераторлары.

Лазерлік сәулелену өте жіңішке шоғырмен таралады және энергияның жоғарғы концентрациясымен сипатталады. Шашырап сәулелену көзіне қатты денелер(алюмин тастары, әйнек, лағыл тастар) және газдар(He, Ne, Ar, CO₂) жатады.

Бөлшек үсті лазерлік сәулелену әрекетінен қысқа мерзімде (10-7... 10-3 ч) жоғары температураға дейін қызады. Сәулелендіруді тоқтатқаннан кейін қыздырылған бөліктер металдың суық көлемдеріне жылу жылдам өтетіндігіне байланысты тез суиды. Жұқа үстіңгі қабаттың шынығу жүреді. Болат мен шойын бөлшектерді лазерлік өңдеу олардың тозуға төзімділігін, иілгіштікке шыдамдылығын ұлғайтады.

Лазерлік өңдеу - тозу мен көп күш түсетін күрделі формадағы өнімдердің үстін қаттылауға қолданылатын әдіс. Лазерлік өңдеу деп болатты үстінен жоғары температурада кез-келген элементпен қанықтыру жүргізетін термиялық әсер ету, оның нәтижесінде бөлшектің химиялық құрамы, микроқұрылымы мен қасиеттерін өзгертуді айтады. Химиялық –термиялық өңдеуге цементтеу, азоттау, циандау, силицийлеу, алиттеу жатады.

Үстіңгі қабатты қанықтыру бөлшекті нақты температураға дейін белсенді күйдегі қаныққан элемент бөлетін және осы температураға төзімді ортада қыздыру кезінде жүреді. Қаныққан элемент бөлетін орталар газ тәрізді, сұйықты және қатты болуы мүмкін. Үстінен шынықтырудан ХТӨ -ден ерекшелігі қасиеттеріндегі айырмашылық тек металл құрылымында ғана емес, химиялық құрамында айырмашылық болады. Химиялық – термиялық өңдеу бөлшектің формасына байланысты емес, ол тығыздалған бірдей қабатты бөлшектің барлық бетінде қамтамасыз етеді, бөлшектің үсті мен өзегінде біраз айырмашылық болады. Үстінен шынықтыру тек құрылымын өзгертеді, ал ХТӨ – үстіңгі қабат құрылымы мен химиялық құрамын өзгертеді.

Сонымен бірге ХТӨ үстінен шынықтырудан өнімділігі жағынан қалыс қалады.

Бөлшектің бастапқы материалға химиялық құрамы жағынан ұқсамайтын үстіңгі қабаты *диффузиялық қабат* деп аталды, оның қалыңдығы температура мен төзімділік уақытына байланысты. Диффузиялық қабаттағы өзгерген химиялық құрамды материал *өзегі* деп аталады.

Болаттың цементтелуі. Цементтелу деп болаттың бет қабатын көміртегімен диффузиялық қанықтыруды айтады. Цементтелудің мақсаты - бөлшек бетінің жоғары қаттылығы мен тозуға төзімділігіне өзегінің тұрақтылығымен үйлестіре жету.

Лазерлік сәулелену өте жіңішке шоғырмен таралады және энергияның жоғарғы концентрациясымен сипатталады. Шашырап сәулелену көзіне қатты денелер(алюмин тастары, әйнек, лағыл тастар) және газдар(He, Ne, Ar, CO₂) жатады.

Бөлшек үсті лазерлік сәулелену әрекетінен қысқа мерзімде (10-7... 10-3 ч) жоғары температураға дейін қыздырады.

Сәулелендіруді тоқтатқаннан кейін қыздырылған бөліктер металдың суық көлемдеріне жылу жылдам өтетіндігіне байланысты тез суиды. Жұқа үстіңгі қабаттың шынығу жүреді. Болат мен шойын бөлшектерді лазерлік өңдеу олардың тозуға төзімділігін, иілгіштікке шыдамдылығын ұлғайтады.

Лазерлік өңдеу - тозу мен көп күш түсетін күрделі формадағы өнімдердің үстін қаттылауға қолданылатын әдіс. Лазерлік өңдеу деп болатты үстінен жоғары температурада кез-келген элементпен қанықтыру жүргізетін термиялық әсер ету, оның нәтижесінде бөлшектің химиялық құрамы, микроқұрылымы мен қасиеттерін өзгертуді айтады. Химиялық –термиялық өңдеуге цементтеу, азоттау, циандау, силицийлеу, алиттеу жатады.

Үстіңгі қабатты қанықтыру бөлшекті нақты температураға дейін белсенді күйдегі қаныққан элемент бөлетін және осы температураға төзімді ортада қыздыру кезінде жүреді. Қаныққан элемент бөлетін орталар газ тәрізді, сұйықты және қатты болуы мүмкін. Үстінен шынықтырудан ХТӨ -ден ерекшелігі қасиеттеріндегі айырмашылық тек металл құрылымында ғана емес, химиялық құрамында айырмашылық болады. Химиялық – термиялық өңдеу бөлшектің формасына байланысты емес, ол тығыздалған бірдей қабатты бөлшектің барлық бетінде қамтамасыз етеді, бөлшектің үсті мен өзегінде біраз айырмашылық болады. Үстінен шынықтыру тек құрылымын өзгертеді, ал ХТӨ – үстіңгі қабат құрылымы мен химиялық құрамын өзгертеді.

Сонымен бірге ХТӨ үстінен шынықтырудан өнімділігі жағынан қалыс қалады.

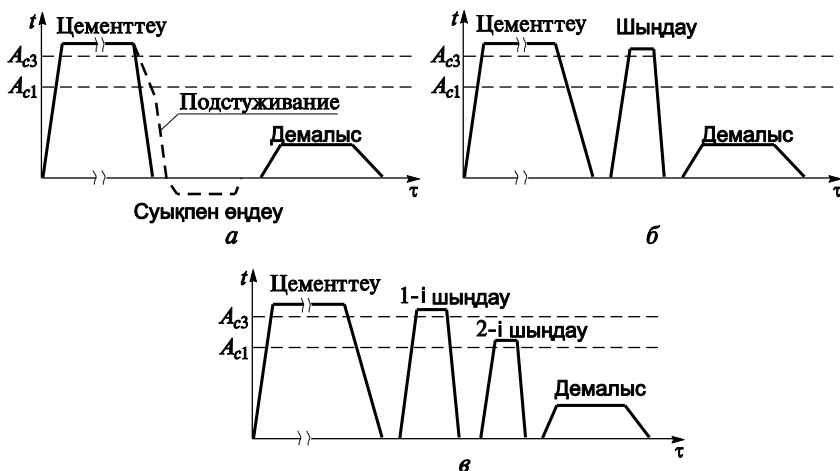
Бөлшектің бастапқы материалға химиялық құрамы жағынан ұқсамайтын

үстіңгі қабаты *диффузиялық қабат* деп аталды, оның қалыңдығы температура мен төзімділік уақытына байланысты. Диффузиялық қабаттағы өзгерген химиялық құрамды материал *өзегі* деп аталады.

Болаттың цементтелуі. Цементтелу деп болаттың бет қабатын көміртегімен диффузиялық қанықтыруды айтады. Цементтелудің мақсаты - бөлшек бетінің жоғары қаттылығы мен тозуға төзімділігіне өзегінің тұрақтылығымен үйлестіре жету.

Бұйымның қызметіне қарай термиялық өңдеудің әр алуан нұсқасын қолданады (5.29 сур.). Кейбір бұйымдар цементтеу қыздыруында төмен жасытуға ұшырайды. (5.29, а сур.). Ұзақ цементтеу нәтижесінде ұлғайған аустениттің ірі түйірі үстіңгі қабаттағы бұдырлы кристалды мартенсит пен бұйым өзегінде ірі түйірлі ферритті – перлиттік құрылым береді. Бұл кемшіліктерді ұсақ түйірлі болаттарды пайдалану және болаттың жоғары температурада болу уақытын қысқартатын газбен цементтеу кезінде жоюға болады. 750...800 °C –ге дейін температурада шынықтыру кезінде мұздату ішкі кернеуді төмендетеді, ал суықпен өңдеу цементтелген қабаттарын аустенит қалдығының санын кемітеді.

Бұйымды цементтеуден кейін құрылымға қойылатын жоғары талаптар ауада суытуға, A_{c3} нүктесі температурасынан жоғары температурада бір рет шынықтыруға және төмен жасытуға душар етеді. 5.29, б сур.). Бұйымның өзегі мен үстіңгі бетінде қайта кристалдану мен түйірдік ұсақтануы жүреді. Алайда үстіңгі көміртегі жоғары қабатта тым қызып кету байқалады, себебі эвтекоидтан кейінгі болаттарда оңтайлы шынықтыруы қыздыруы – A_{c1} нүктесі температурасынан жоғары, бірақ A_{c1} нүктесі температурасынан төмен болады.



Сурет 5.29. Болаттың цементтеуден кейінгі термиялық өңдеу: әдістері

а — жауапкершілігі төмен бұйымдар; б — жауапты бұйымдар; в — ерекше жауапты бұйымдар

Жауапкершілігі жоғары бұйымдарды цементтеуден соң төмен жасытумен екі рет шынықтырады (5.29, в сур). Бастапқы шынықтыруда $A_{\text{с3}}$ нүктесі температурасынан 30.50°C жоғары температурада бұйымның өзегінің қайта кристалдануы жүріп, ыдырау өнімдерінің ұсақ түйірлігін қамтамасыз ететін ұсақ аустениттік түйір түзеді. Үстіңгі беттегі цементтеу торы ериді. Қайталама қыздыруда бастапқы алынған мартенсит жасытудан өтеді және үстіңгі заэвтекоидты қабаттың қаттылығын ұлғайтатын карбидтер түзіледі. Сонымен бірге, қайталама шынықтыруда $A_{\text{с3}}$ нүктесі температурасынан 30.50°C жоғары температурада беткі қабаты ұсақ түйірлер қамтамасыз етіледі.

Мұндай термиялық өңдеуден кейін үстіңгі эвтекоидтан кейінгі қабат карбидті жасытылған мартенсит құрылымында болады. Өзегінің құрылымы болаттың химиялық құрамымен анықталады. Көміртекті болаттың цементтелуінде қыздыру төмен болғандықтан өзегі ферритті – перлиттік құрылымда болады.

Қоспалы болатты цементтеуде оның өзегі сорбит, троостит немесе мартенсит құрылымды болаы, бірақ көміртек құрамының төмендігіне байланысты өзегі жоғары тұтырлыққа ие болады.

Болатты азоттау. Азоттау деп беткі қабатты азотпен қанықтыру процесін айтады. *Азоттаудың мақсаты бет қабатының ерекше қаттылығын, тозуға төзімділігін, сулы ортада, булы ауада және ылғалды атмосферада коррозияға қарсылығын қалыптастыру болып табылады.*

Азоттау үдерісі бұйымды ұзақ уақыт бойы (60 сағатқа дейін) $500... 600^{\circ}\text{C}$ –ге тең температурада аммиак атмосферасында ұстау арқылы жүргізіледі. Одан да жоғары температурад одан да ірі нитридтер түзіледі және қаттылығы төмендейді. Азоттауды болаттан жасалған аммиак енетін саңылаусыз (герметикалық) жабық реторларда жүргізеді. Реторды қыздыру пешіне орнатады. Баллондардан келетін аммиак қыздырғанда азот пен сутекке ыдырайды: $\text{NH}_3 \rightarrow 3\text{H} + \text{N}$.

Азоттың атомдары а –темір торына еніп, онда аралсады. Мұндағы түзілетін темір нитриды жоғары қаттылықты қамтамасыз ете алмайды. Азотталған қабатқа жоғары қаттылықты хромның, молибденнің, алюминидің қосынды элементтері береді. Болатты хроммен, молибденмен, алюминимен біріктіре қоспалауда азотталған қабаттың қаттылығы 1 200 HV, ал цементтеу мен шынықтырудан соң қаттылығы 900 HV жетеді.

Қоспа элементтер нитридтерінің жоғары қаттылығына байланысты орташа көміртекті болаттарды азоттайды: 38X2MЮА, 35ХМА, 38Х2ВФЮА, сонымен бірге бірқатар штамптау болаттары, мысалы, 3Х2В8, 5ХНМ.

Әдетте азоттауға механикалық және соңғы термиялық өңдеуден өткен дайын бұйымдар(азоттау температурасынан ең жоғары шектеуінен 600... 675°C жоғары жасытумен шынықтырылған) ұшырайды. Мұндай термиялық өңдеуден соң металл жоғары беріктігі мен тұтқырлығы бар сорбит құрылымына ие болады. Бұл құрылым бұйымның өзегінде азотаудан кейінде сақталады. Металл негізінің жоғары беріктігі бұйымның жұмысы кезінде жұқа және нәзік азоттық қабат майысып кетпеуі үшін қажет. Азоттаудың жоғарғы қаттылығына жылдам жетеді және одан әрі термиялық өңдеуді талап етпейді. Бұл азоттаудың басты жетістігі болып саналады. Азоттауға жатпайтын бөліктерді электролитті әдіспен жұқа қабатты (10.15 мкм) қалайымен немесе сұйық әйнекпен қорғалады. Азотталған қабат тереңдігі 0,3 ...0,6 мм –ге жетеді. Азоттау жылдамдығы температура төмендігіне байланысты, цементтеу жылдамдығымен салыстырғанда төмен болады, ол 0,01 мм/ с және одан да төмен болады. Азоттаудың цементтеуге қарағанда біршама жетістіктері мен кемшіліктері бар.

Азоттаудың жетістігі – үстіңгі қабаттың жоғарғы қаттылығы мен тозуға төзімділігі, 500 °C дейін қыздырғанда жоғарғы қасиеттерін сақтауы, коррозияға қарсы тұру қасиеті жоғары. Азоттық қабатта қалдық кернеулер беріктігін ұлғайтады. Сонымен бірге, азоттаудан кейін шынықтыру жүргізудің қажеті жоқ.

Азоттаудың кемшілігі – цементтеуге қарағанда азоттау үдерісінің ұзақтығы және қымбат тұратын қоспалы болаттарды қолдану қажеттігі. Сондықтан азоттауды үстіңгі қабатының жоғары сапалылығы талап етілетін жауапкершілігі басым бұйымдарды дайындауға жүргізіледі.

Азоттауды машина құрылысында өлшегіш құралдар, гильза, тісті дөңгелектер, иінді біліктер, тығындар және т.б. дайындауға қолданады.

Циандау. Циандау деп металл беті қабатын азот және көміртегімен бірге қанықтыру үдерісін айтады. Циандаудың негізгі мақсаты – бұйымның қаттылығы мен тозуға төзімділігін жоғарылату.

Циандауда қыздыруды құрамында цианды тұздар NaCN немесе KCN ерітілген тұздарда, немесе CH_4 метан мен NH_3 аммиак қосындысынан тұратын газды ортада жүзеге асырады. Циандалған қабаттың құрамы мен қасиеті циандау температурасына байланысты.

Үдерістің температурасына байланысты циандау жоғары температуралы(850.950 °C) және төмен температуралы (500.600 °C) болып бөлінеді.

Циандау температурасы жоғары болған сайын, үстіңгі қабаттың азот пен қанығуы азаяды, көміртекпен қанығуы ұлғаяды. Көміртек пен азоттың біріккен диффузиясы бұл элементтердің жеке диффузиясынан жылдамырақ жүреді.

Төмен температурада циандауда беткі қабаттың азотпен қанығуы басым болады. Төмен температурада циандауға дайын бұйымдар және жылдам кесілетін болаттардың тозу төзімділігін ұлғайту мақсатында және қайралған кесетін аспаптарға жүргізіледі. Төмен температурада циандаудан кейін жасыту жүргізілмейді. Циандау қабатының тереңдігі 0,01...0,04 мм, қаттылығы 1 000 HV.

0,6.1,8 мм тереңдікте жоғары температурада 3.10 сағат бойы циандаудан кейін бұйымдарды шынықтырады және төмен жасытуға ұшырайды. Термиялық өңдеуден кейін қаттылық 59.62 HRC құрайды.

Цементтеумен салыстырғанда циандалған қабаттың қаттылығы жоғары және тозуға төзімділігі жоғары, сонымен бірге коррозияға қарсылығы да жоғары болады. Ваннада ұсақ бұйымдарды циандауға болады, мысалы, қабат қалыңдығы онша үлкен болмайтын сағат механизмдері.

Циандаудың кемшілігі – цианды тұздардың жоғары уыттылығының қауіптілігіне байланысты қатаң түрде қауіпсіздік сақталуы қажеттігіне байланысты бұл үдерістің құны жоғары болады.

Диффузиялық металдану. Болаттың беткі қабатын әр алуан металдармен диффузиялық қанықтыру диффузиялық металдану деп аталды. Беті алюминмен, хроммен, кремнимен, бормен қаныққан бұйымдар бірқатар құнды қасиеттерге, мысалы, ыстыққа төзімділік, коррозияға қарсылық, тозуға төзімділік және беріктік секілді қасиеттерге ие болады.

Металдану қатты, сұйық және газдық болып бөлінеді. Сұйық металдану кезінде болат бұйымды металл ерітіндісіне батырады. Қатты және газбен металдануда қанығу хлордың металмен қоспасы көмегімен жүреді: $AlCl_3$, $CrCl_3$, $SiCl_4$ қосылыстары 100.1 100°C темп-раурасында темірмен алмасу реакциясына түсіп, белсенді күйдегі аралас элемент түзеді.

Алигтеу, яғни алюминмен қанықтыру ұнтақ қоспалар мен ерітілен алюминде жүргізіліп, бұйымдар Al_2O_3 , алюминий тотығының тығыз қабығы түзілуіне байланысты коррозияға қарсылығы жоғарылап, металды тотығудан сақтайды. Қабат қалыңдығы 0,2. 0,5 мм-ді құрайды. Темірдегі алюминидің қатты ерітіндісі ыстыққа жоғары төзімділік көрсетеді.

Хромдауда газдық кооррозияға қарсылық 800 °C, суда, теңіз суындағы және қышқылдарда коррозияға төзімділік жоғарылайды. қабат қалыңдығы 0,2 мм-ге дейін болады.

Силицийлеу, яғни кремнимен қанықтыру тұзды, күкірті және азотты қышқылдарда қышқылға қарсы тұруы жоғары және химияы және мұнай өнеркәсібіндегі бұйымдарға қолданылады. Қабат қалыңдығы 0,3 ... 1 мм құрайды.

Борлау бет қабатына ерекше жоғары қаттылық береді (1 800.2 000 HV), әр алуан ортадағы тозу мен коррозияға төзімділігі жоғары болады. Борлауды ерітілген тұздардың электролизінде жүргізеді, мысалы, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$; болат бұйым катод қызметін атқарады. При температуре примерно 150 °С температура мен 205 сағат ұстауда беткі қабатта қатты темір борид түзіледі, қабат қалыңдығы 0,1.0,2 мм –ге жетеді.

Бақылау сұрақтары

1. Термиялық өңдеу деген не ?
2. Алдын ала термиялық өңдеуді қандай мақсатта өткізеді?
3. Көміртекті болаттың қаттылығы мен беріктігін ұлғайту үшін термиялық өңдеудің қандай түрлерін жүргізеді?
4. Төмен көміртекті болаттарды шынықпайтындар қатарына жатқызады?
5. Жасыту температурасы болат қасиеттеріне қалай әсер етеді?
6. Жақсарту деген не? Оны қандай мақсатта жүргізеді?
7. Көміртекті болатардан дайындалған аспаптарға қандай термиялық өңдеу жүргізген қолайлы?
8. Болаттың ең шекті беріктігін алуға қандай термиялық өңдеу қажет?
9. Болат бұйымның беткі қабатының қаттылығы мен беріктігін ұлғайтуға қандай өңдеу мүмкіндік береді?
10. Болат бұйымның беткі қабатының коррозияға төзімділігін қандай химиялық – термиялық өңдеу көмегімен ұлғайтуға болады?

ӨНЕРКӘСІПТІК БОЛАТТАР МЕН ҚОРЫТПАЛАР**6.1. Қоспаланған болаттар**

Қоспаланған элементтердің болаттарға айналу әсері және болаттардың қасиеттері. Қоспаланған элементтер деп арнайы болат үшін енгізілетін өзгерісі және құрылысы мен қасиеттерін айтады. Болаттарға қатысты құрамында қоспаланған элементтері бар элементтерді қоспаланған деп атайды. Бұл ретте, егер кремний 0,4 % немесе марганец — 0,8 % асып кетсе, олар сондай-ақ қоспаланған элементтерге жатады. Кейбір қоспаланған элементтердің құрамы өте аз болуы мүмкін.

Ниобий және титан санын 0,1% - ға дейін енгізеді, ал бордың құрамы әдеттегіден 0,005 % аспайды. Егер элементтің концентрациясы шамамен 0,1 % - ға кем болса онда қоспаланған болатты микро қоспаланған деп атайды.

Материалдардың үздіксіз өсуіне байланысты қойылатын талаптар қоспаланған болаттардың кеңінен таралуы мен пайда болуына негізделген. Механикалық қасиеттерді өзгерту мақсатымен қоспалау жүргізіледі (беріктігі, созылғыштығы, тұтқырлығы), физикалық (электр өткізгіштігі, магниттік сипаттамасы, радиациялық төзімділігі) және химиялық (түрлі орталарда коррозиялық тұрақтылық).

Темірдің қажетті кешенді қасиеттері, әдетте, қоспалау арқылы алуын ғана қамтамасыз етпейді және темірдің құрылымын термиялық өңдеумен алуына да мүмкіндік беретін ең оңтайлы жолы. Қоспаланған болаттар қымбат көміртекті, сондықтан оларды термиялық өңдеусіз қолдану тиімсіз.

Қоспаланған элементтердің қолданылуы болаттың өзінің бағасына едәуір әсер етеді. Пайдалану кезінде, сол немесе өзге де қоспаланған элементтердің болаттың қолданылу құрамына ғана әсер етіп қоймай, олардың экономикалық маңыздылығы, атап айтқанда, өндіру құны, алуынуы және жеткіліксіздігіне әсер етеді.

Негізгі қоспаланған элементтері болып Cr, Ni, Mn, Si, W, Mo, V, Al, Cu, Ti, Nb, Zr, B табылады. Болат бір ғана емес бірнеше элементтермен қоспаланады, мысалы Cгi Ni, хромды-никельді болатты ала отырып Cгi Mn-хромомарганецті болатты, Cr, Ni, Mo, V — хромоникелмолибдено-ванадиевті болатты аламыз.

Қоспаланған элементтер өзара темір және көміртегімен әр түрлі легіріленген болатты фазалармен қатынасқа түсе алады: қоспаланған ферриттен — Fe₈ қоспаланған қатты ерітінді элемент ;

қоспаланған аустениттің — Fe_d қоспаланған элементтің қатты ерітіндісі;
қоспаланған цементиттің — қатты ерітіндісі қоспаланған элементтің цементитінде немесе ұлғайту кезінде күтіп-ұстау белгілі бір шектен тыс қоспаланған элементтің — арнайы карбидтері.

Егер талдау көмегімен қос диаграмма күйінің темір жүйесін — қоспаланған элементі ретінде, қоспаланған элементтер әсерін аумағын кеңейту жүйесін темірдің қатты ерітіндісі - g (қоспаланған аустениттің) және, керісінше, тарылуы аумағы қатты ерітінді - g тиісінше кеңейту аумағы қатты ерітіндінің, алайда қоспаланған ферриттен барлық қоспаланған элементтердің әсері бойынша екі топқа бөлуге болады: g -қатты ерітіндісінің *кеңейтетін* аумағы аустенито құраушы қоспаланған элементтері және *тарылу* аймағы - g (а қатты ерітіндінің кеңейтетін аумағы) — феррито құраушы қоспаланған элементтер болып табылады.

Аустенит құраушы қоспаланған элементтер қатарына жататын элементтер - Ni, Mn, Co, Cu, C, N. Ферит құраушы қоспаланған элементтер қатарына жататын элементтер - Cr, Si, Al, Mo, V, Ti, W, Nb, Zr.

Аустенит құраушы элементтер кезінде қоспаланған болаттардың саны үлкен болуы және а – темірдің аумағында толық «бағандауы» мүмкін, бөлме жағдайында болаттардың құрылымы *аустенитті* болаттар болады.

Керісінше, қоспаланған болаттар кезінде феррит құраушы элементтерінің үлкен саны g - темір «бағандауы» болуы мүмкін және сөйтіп болат таза ферритті құрылымын – феритті болат күйін алады.

Аралас қоспаланған болаттар кезінде аустенит құрайды және феррит құраушы элементтері бар болаттың құрылымы аустениттен және *ферриттен* тұрады (аустенитті-ферритті болаттар).

Көптеген конструкциялық болаттар феррит температурада пайдалану болып табылады негізгі құрылымдық құрамдас бөлігі, 90% кем емес көлемді металлды қамтиды. Сондықтан фериттің қасиетіне көбінесе болаттардың қасиеттері қатысты болады. Көп айырмашылық темір атом мөлшерінде және қоспаланған элементте, алайда кристалдық торларды көп бұрмалау, соғұрлым қаттылығы жоғары, беріктігі, бірақ созылғыштығы төмен және әсіресе ферриттің тұтқырлығы (3.9 суретті қараңыз).

Карбидтер - қоспаланған болаттардың түрленген түрі. Карбид құраушы элементтері темірге қарағанда үлкен көміртек құралы болатын элементтерді қоспаланған элементтер деп атайды. Өсуі бойынша көміртек құралы және карбидтың тұрақтылығы, карбидтің түрленген элементтері келесі бірқатарға орналасады: $Fe-Mn-Cr-Mo-W-Nb-Zr-Ti$. Карбид берік болған сайын ол аустенитте қиын ериді және шығарған кезде бөлінеді.

Болатқа салыстырмалы қоспаланған карбид құраушы элементтерін енгізу кезінде ол бірінші цементитте ериді, темірді атомның бөлігімен араластырып.

бұл ретте қоспаланған цементит құрылады мысалы, $(\text{FeMn})_3\text{C}$. Шектен тыс қоспаланған элементтерді, ерігіштік құрылады ұлғайта отырып, арнайы карбидті түрлері пайда болады Cr_7C_3 , Mn_3C және т. б.

Құрылысы бойынша кристалдық торды екі топқа бөледі. Карбидтың бірінші тобына жататын түрлері Fe_3C , Mn_3C , Cr_7C_3 , Cr_{23}C_6 , күрделі кристалды торы бар. Мұндай карбидтер жеткіліксіз берік және қыздыру кезінде термиялық өңдеу кезінде қатты ертінділерде болаттар аустенитте түзейді. Карбидтердің екінші тобы Mo_2C , WC , TiC қарапайым кристалды торы бар, үлкен беріктігімен сипатталады және аса жоғары температураларда қыздыру кезінде ериді.

Барлық карбидтер жоғары қаттылыққа ие, бірақ екінші топтың карбидтердің қаттылығы бірінші топтың карбидтерінен бірнеше есе қатты.

Шыдамдылығы артқан сайын карбидтердің қаттылығы мен беріктігі артады.

Қоспаланған болаттардың жіктелуі. Қоспаланған болаттар құрылымы бойынша сыныпталады да артық жүктеменің тең жай-күйі таралуы, құрылымы бойынша ауада суытқаннан кейін, қоспаланған элементтердің саны және қолданылуы бойынша қолданылады.

Бірқалыпты болаттың құрылымы келесі санаттарға бөлінеді – *эвтектоидке дейін құрылымында феррит артық, ал - эвтектоид* құрылымы перлитті, эвтектоид үшін карбид артық *ле-дебуритты* болады, оның құрылымында бар бастапқы карбидтер, бөлініп шыққан сұйық болды. Соңғы мән-жай былайша түсіндіріледі қоспаланған элементтер солға жылжиды нүктесі S, E темірдің диаграммасы — көміртек (4.3 суретті қараңыз). Сондықтан шекарасы арасындағы аталған болаттармен аз көміртегі өтеді, егер салыстырғанда мәндермен диаграммада көрсетілгендей $\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$.

Кейбір элементтері күрт g-темірдің аумағы қысылады немесе кеңейеді, осы топтағы болаттардан басқа *аустенитті және феритті болаттарды* ажыратады.

Көміртекті болаттар алғашқы үш түрі болады және қоспаланған болаттың — алты түрі бар.

Құрылымы бойынша суытқаннан кейін *перлитті болат* ауада ажыратылады, төмен мазмұнымен сипатталатын қоспаланған элементтер және тиісінше, аустениттің суықтығының тұрақтылығы төмен; *мартенситные болат* құрамында орта қоспаланған элементтер және, тиісінше, аустениттің тұрақтылығы жоғары; *аустенитные болаттар* көптеген қоспаланған элементтер және аустенитті құрылымын бөлме температурасында сақтайды.

Қоспаланған элементтердің саны бойынша *төменгі болаттардың* құрамы 2,5% - ға тең *орташа қоспаланған* емес – 2,5...10% - ға, қоспаланған болаттар 10% көп қоспалаушы элементтері.

Тағайындау бойынша болаттардың үш тобы болады: *конструкциялық* (машина жасау және құрылыс); *аспаптық* (мөртабан, кескіш және өлшеу құралын); *ерекше физикалық және химиялық қасиеттерімен* (коррозиялы-берік, ыстыққа төзімді, электротехникалық, магниттік және т. б.).

6.2 Болатты таңбалау

Ресейде қоспаланған болаттан жасалған әріптік-сандық таңбалау жүйесі қабылданған. Әрбір болат маркасы құрамында белгілі бір комбинациясы әріптер мен сандар бар. Қоспаланған элементтер орыс әріптерімен жазылады: Х — хром, Н — никель, В — вольфрам, М — молибден, Ф — ванадий, Т — титан, Ю — алюминий, Д — мыс, Г — марганец, С — кремний, К — кобальт, Ц — цирконий, Р — бор, Б — ниобий. Ең бастапқы марка автоматтық болат, ал ортаңғы марканың құрамы — азот және марканың соңында болаттың сапасы жоғары болады.

Маркалар үшін *құрастырушы* болаттардың алғашқы екі саны көрсетеді, мазмұны көміртегінің жүздік үлеспен пайызын құрайды. Егер қоспаланған элементтің мөлшері 1 % - ға, әріптерден кейін оның орташа мәні бүтін пайызбен көрсетіледі. Егер қоспаланған элементтің мөлшері шамамен 1 % немесе одан кем болса, содан кейін тиісті әріп пен сан қойылмайды.

Негізгі қоспаланған элементтердің ретінде құрастырушы болаттардың түрленген түрін қолданады хром 2% - ға дейін, никель 1.4%, марганец 2% - ға дейін, кремний 0,6. 1,2%. Мұндай қоспаланған элементтер ретінде, молибден, вольфрам, ванадий, титан, болатты ұштастыра отырып, хром және никел мақсатында қосымша жақсарту, сол немесе өзге де физикалық-механикалық қасиеттерін әдетте енгізеді. "Құрастырушы болаттардың түрленген түрлері бұл элементтер, әдетте мынадай санда және % енгізеді: 0,2...0,4 Мо; 0,5.1,2 W; 0,1.0,3 V; 0,1.0,2 Ti.

Мысалы, болат 18ХГТ құрамында, %: 0,17.0,23; 1.1,3 Cr; 0,8.1,1 Mn; шамамен 0,1 Ti; 38ХНЗМФА болат — 0,33.0,4 C;

1.2.1.5 Cr; 3.3,5 Ni; 0,35.0,45 Мо; 0,1.0,18 V; болат 30ХГСА — 0,28.0,34; 1.1,4 Cr; 0,8.1,1 Mn; 1,1.1,4 Si.

Аспаптық болаттарда бірінші болат маркасында сан қойылады, көрсететін мазмұнында көміртегі ондық үлеспен пайызды құрайды. Бастапқы санды түсіреді, егер көміртегі мазмұны шамамен 1 % немесе одан да көп болған жағдайда.

Мысалы, болат 3Х2В8Ф құрамында, %: 0,3.0,4; 2,2.2,7 Cr;

7.5.8.5 W; 0,2...0,5 V; 5ХНМ болат — 0,5...0,6 C; 0,5...0,8 Cr;

1,4. 1,8 Ni; 0,19.0,3 Мо; болат ХВГ — 0,9.1,05 C; 0,9.1,2 Cr;

1.2.1.6 W; 0,8.1,1 Mn.

Болаттың кейбір топтары үшін қосымша белгілер қабылдайды. Маркалы автоматты болаттар А әріпінен басталады, мойынтірек — әріптері Ш, жылдам кесетін болаттардың түрі — Р әріпімен, тоқ машинасы — Е әріпімен, қатты магнитті — Е әрәптерімен белгіленеді.

Таңбалау кезінде тоқты *техникалық* болаттан жасалған (1211, 1313, 2211және т.б) бірінші сан құрылымдық жағдайы бойынша білдіреді және илектену түрі, екінші — кремний мазмұны, үшінші — гистерезис шығындары, төртінші — негізгі мөлшерінің сипаттамасының тобы. Алғашқы үш сандар болаттың түрлерін білдіреді, ал төртінші — болаттың реттік нөмірі болады.

Құрылыс болаттың маркасы мынадай болып белгіленеді С235, С245, С255, С345, С590К және т. б., мұнда С әрпі болат құрылысты екенін білдіреді, сан — МПа ағымдылық жалдау шегі, ал К әрбі — химиялық құрамдық нұсқасы. Егер соңында Д әрпі тұрса онда болат қосымша қоспаланған 0,15...0,3 % мыс, мысалы С345Д.

Кең табанды рельстердің типтерін дайындау үшін Р75, Р65, Р50 болаттар мынадай марелері қолданылады М76, М74, бұл жерде М әрпі мартен тәсілі балқытуды көрсетеді, ал сандар — орташа мазмұны көміртегі жүздік үлеспен пайызды құрайды.

Аса жоғары сапалы болаттардың қосымша қайта балқыту тәсілдері туралы соңында әріптер тұруы мүмкін. ВД әріптері *сапасын жақсарту* мақсатында болатты вакуумды-доғалды балқытылған, Ш әріпі — тоқты шлақты, ПД- плазмалық доғалды, ВИ- вакуумды-индукциялық балқытқан.

Стандартты емес қоспаланған болаттар шығаратын зауыт "Электрлі болат" байланысты әріптерді білдіреді ЭИ (электрлі болатты зерттеу) немесе ЭП (электрлі болатты сынама).

Қоспаланған болат шығарылатын Златоустовск металлургиялық зауыты " ЗИ әріптерімен таңбалайды, зауыт "Днепрлік арнайы болат" — ДИ. Барлық жағдайларда әріптер үйлесімінен кейін реттік нөмірлері жүреді мысалы, ЭИ417, ЭП767, ЗИ8, ДИ8 және т. б. Кейін марканы игеру металлургиялық және машина жасау зауыттарымен шартты белгілер бойынша ауыстырады, жалпы болаттың химиялық құрамы қабылданған таңбалар көрсетіледі.

6.1 кестеде келтірілген атаулары болаттардың кеңінен пайдаланылатын өнеркәсібі, орыс, ағылшын, неміс және француз тілдерінде. Құю болаты сол әріптік-сандық жүйесі бойынша таңбаланады және қалыптасады. Бірақ таңбаның соңында қосымша Л әріпі қойылады және құю болатты білдіреді.

Қаңылтыр таңбаның мақсатына, сапасына және қасиеттеріне қарай бөлінеді ЧЖК, ЧЖР, ГЖГ, ГЖР, ЭЖК, ЭЖК-Д, ЭЖР-Д. Әріптер белгілеу таңбалар арқылы білдіреді: ТК — консервті қаңылтыр, ЖР — қаңылтыр түрлі мақсаттағы ыдыстардан басқа, тамақ өнімдері, Ч — қара, Г — ыстық қалайылау, Э — электротехникалық қалайылау, Д — қаңылтыр дифференциалдық жабыны бар.

Кесте 6.1. Болаттардың атауы (type of steels)

Қазақ тілінде	Русский язык	Английский язык	Немецкий язык
Автоматты болат	Сталь автоматная	Free cutting (free machining)	Automatenstahl
Арматуралық болат	Сталь арматурная	Reinforcing steel	Beton (form) Stahl
Жылдамдығы жоғары болат	Сталь быстрорежущая	High speed steel	Schnell (arbeits) Stahl
Беріктігі жоғары болат	Сталь высокопрочная	High-strength steel	Hochfester Stahl
Терең пайдалануға арналған болат	Сталь для глубокой вытяжки	Deep drawing steel	Tiefziehstahl
Магистральды құбырға арналған болат	Сталь для магистральных трубопроводов	Pipe-line steel	Stahl für Hochdruckgasleitungen, Leitungsrohrstahl, Pipe-line-stahl
Бетінің қатаюына арналған болат	Сталь для поверхностной закалки	Steel for superficial hardening	Stahl für Oberflächenhärtung
Салқын экструзияға арналған болат	Сталь для холодного выдавливания	Steel for cold extrusion	Kaltfliesspress-stahl
Ыстыққа төзімді болат	Сталь жаропрочная	High-temperature steel	Warmfester Stahl
Ыстыққа төзімді болат	Сталь жаростойкая	Heat-resistant steel	Hitzebeständiger Stahl
Тозуға төзімді болат	Сталь износостойкая	Wear resistant steel	Verschleissfester Stahl

Аспаптық болат	Сталь инструментальная	Tool steel	Werkzeugstahl
Құрылымдық болат	Сталь конструкционная	Structural steel	Baustahl, Konstruktionsstahl
Коррозияға төзімді болат	Сталь коррозионно-стойкая	Corrosion-resistant steel	Korrosionsbeständigen Stahl
Тот баспайтын болат	Сталь нержавеющая	Stainlees steel	Nichtrostender (rost-freier) Stahl
Тіректік болат	Сталь подшипниковая	Bearing steel	Lagerstahl
Серіппелік болат	Сталь пружинная	Spring steel	Federstahl
Рельстік болат	Сталь рельсовая	Rail steel	Schienenstahl
Құрылыстық болат	Сталь строительная	Building steel	Baustahl
Кеме жасауға арналған болат	Сталь судостроительная (листовая)	Ship plate	Schiffsblech
Жылыға төзімді болат	Сталь теплостойкая	Heat resistant steel	Warmfester Stahl
Трансформаторлық болат	Сталь трансформаторная	Transformer steel	T ransformatorenstahl
Шариктік тіректік болат	Сталь шарикоподшипниковая	Ball-bearing steel	Kugellagerstahl
Мортабан болат	Сталь штамповал	Die steel	Gesenkstahl

азық-түлік өнімдеріне арналған, Қ- қара, Ы- ыстық ұстамы, Э – электротехникалық ұстамы, Д - дифференциалды жабындысы бар қалайы.

6.3. Құрылымдық болаттар

Конструкциялық болаттардың сипаттамасы. Құрылымдық болаттардың беріктігі жоғары құрылымдықты қамтамасыз етуге тиіс, конструкцияны ұзақ және сенімді жұмыс жағдайында пайдалану. Сондықтан, қойылатын талаптар ерекшелігі, конструкциялық материалдар қандай да бір сипаттамалардан емес, қамтамасыз ету қажеттілігі кешенінің жоғары механикалық қасиеттерінен тұрады.

Құрылымдық элементтерді дайындауға кететін материал, машиналардың бөлшектері мен механизмдерін, сонымен қатар, беріктігі жоғары және созылғыштығы екпінді жүктемелер тұрақты қорына ие болуы керек. Белгі ауысқан кезде құрылымдық материалдар жоғарғы кедергісі төмен болуы тиіс, ал үйкелген кезде – кедергісі тозады. Көптеген жағдайларда коррозия кедергісі қажет. Концентратор кернеуі болып әрқашан бөлшектерден табылатын ақаулар болады, құрылымдық материал жоғарғы кедергіде морт сынбауына және тарату сызаттары болмауына ие болуы тиіс.

Жоғары сенімділіктен басқа және құрылымдық беріктік конструкциялық материалдар болуы тиіс, жоғары технологиялық қасиеттері — жақсы құю қасиеттері, өңделетін қысыммен, кесумен, жақсы дәнекерлеу. Құрылымдық материалдардың бағасы төмен және тапшы легірілеуші элементтер болмауға тиіс.

Барлық қолданылатын материалдардың қазіргі уақытта және болашақты болжауға, тек болат үйлесімі жоғары мәндері әр түрлі механикалық сипаттамаларын алуға мүмкіндік береді және салыстырмалы құны төмен жақсы технология береді. Сондықтан, болат негізгі және ең көп тараған конструкциялық материал болып табылады. Қоспалау механикалық қасиеттер деңгейін арттыруға мүмкіндік береді.

Негізгі артықшылығы қоспаланған құрылымдылық болаттарды салыстырғанда көміртегі болып табылады жоғары төзімділігі есебінен беріктендіру феррит пен көп еріту, аз өсуі аустениттік нокаттың қыздыру кезінде, жоғары соққылық тұтқырлығы, жоғары еріту және қолдану мүмкіндігін неғұрлым жұмсақ салқындатқыштан кейін шынықтыру, тұрақтылығы қарсы шығару есебінен тежеу диффузиялық процестер. Неғұрлым жоғары температура кезінде қосымша кернеу санын азайтады.

Құрылымдық болаттың келесі түрлері бар: көміртектік, оның ішінде автоматты; құрылыстық; цементтелетін; жақсартатын; жоғары берік; рессорлы-серіппелі; тіректік; тозуға тұрақты; кеме құрылысына арналған; азық-түлік өндірісіне арналған.

МОСТ 1414 – 75 бойынша әзірленген автоматты болаттар автомат-білдектерде бекіткіштерді жаппай өндіру кезінде пайдаланылады. Оларға қойылатын негізгі талап – күкірт пен фосфорды 0,1...0,2% дейін көбейту, сондай-ақ селен мен қорғасынды көбейту есебінен қол жеткізілетін кесу арқылы өңдеу. Автоматты болаттар А әріпімен және жүздеген үлестегі пайызда көміртектің ортақ құрамын көрсететін екі санмен таңбаланады: А12, А20, А30.

Қорғасынды 0,15...0,3% енгізу кезінде болат АС әріптерімен және жүздеген үлестегі пайызда көміртектің ортақ құрамын көрсететін екі санмен таңбаланады: АС11, АС14ү басқа да элементтермен қорытқан кезде құрылымдық болаттарды таңбалауды белгілеу сияқты белгілейді: АС35Г2, АС38ГХМ және т.б.

Төменқорытпалы құрылыстық болаттар. Құрылыстық болаттарда салыстырмалы аз көміртек бар – 0,1...0,25% (МОСТ 27772 – 88). Көміртектік болаттармен салыстырғанда төменқорытпалы құрылыстық болаттардың жоғары беріктігікремний мен марганецті, сондай-ақ хром, никель, мыс және кейбір басқа да элементтерді аз көлемде қорыту есебінен қатайтылған феррит арқылы қол жеткізіледі.

Бұл болаттар ыстық немесе қалыпты күйінде темірбетонды арматуралау, құрылыстағы, көпір құрылысында, ваган құрылысында, ауыл шаруашылық машиналарын құрастыру, кеме корпусын құрастыруда, магистральді мұнай-газ құбырларын жасау үшін пайдаланады.

Құрылыс құрылымдарының бөлшектері дәнекерлеу арқылы біріктіріледі. Сондықтан, құрылыс болаттарының негізгі талабы жақсы дәнекерлеу болып табылады. Бұл дәнекерлеу кезінде болаттың ыстық және салқын жарықтар бермеуін білдіреді және біріктіруші дәнекер (дәнекерлеу металлы мен термиялық әсер ету аймағы) металдың негізгі қасиетінен ерекшеленбеуі қажет.

Болаттың ыстық және суық жарықтар қалыптасу үрдісі көміртек мазмұнына байланысты. Кристалдану кезеңінде дәнекерде ыстық сызаттар пайда болады. Ыстық тізбектерді қалыптастыру дәнекерлеу металлының кристаллизация интервалын кеңейту арқылы жеңілдетіледі. Кристалдану аралығы көміртегі мөлшерінің жоғарылауымен бірге артады. Дәнекерленген металл және дәнекерлеу аймағы сыни нүктелерден жоғары қызады.

Салқындаған кезде аустениттың ыдырауы үдерісі көлемді өзгерістерге ұшырайды. Көміртектің мөлшері неғұрлым жоғары болса, соғұрлым үлкен көлем өзгереді, суық жарықтар қалыптасу қаупі соғұрлым көп. Демек, құрылыс конструкцияларын өндіру үшін қолданылатын болат 0,25% астам көміртегіден тұрмауы керек.

St2, St3 шеберлерінің әдеттегі сапасының көміртекті болатының құрылысы $a_0 > 2 = 240$ МПа құрайды. Марганецтің 1,5% және кремний 0,7% құрамында шығымдылық стрессі 360 МПа-ға дейін өседі, яғни 1,5 есеге.

Құрылыс конструкциялары үшін аз қорытылған құрылыс конструкциялары 14Г2, 17ГС, 14ХГС, 15ХСНД сыныптары болып табылады. Никель мен мыс бар 15ХСНД болат, нәзік күйге көшпей -60°C дейінгі температурада құрылыста жұмыс істейді. Сонымен қатар, осы элементтерді енгізу атмосфералық жағдайда болаттың коррозияға төзімділігін арттырады. Азотпен (0.015 ... 0.025%) болатпен ванадий мен ниобийді (0,1% -ға дейін) кішкене қосындылар енгізу осы элементтердің карбонитридтері мен нокатты тазалаудың қосымша катаюын қамтамасыз етеді. Бұл типтегі болаттарға 14Г2АФ, 17Г2АФБ және т.б. төменгі қорытылған болаттар кіреді, қалыпты жағдайдан кейін $a_0 j_2 = 450$ МПа болады. Мұндай болат конструкцияларда және машина жасауда дәнекерленген конструкцияларды қосымша жылу өңдеуіңіз парактар мен профильді нысандар түрінде қолданылады.

Құрылыс конструкцияларындағы көміртекті болаттардың орнына күшті, төмен қорытылған болаттарды пайдалану металлды тұтынуды 15 ... 12% -ға төмендетуге мүмкіндік береді. Қаражаттың жоғары болуына қарамастан, оларды пайдалану экономикалық тұрғыдан мүмкін.

Механикалық қасиеттердің қосымша өсуі және суық борситеттілік шегін азайту бақыланатын илемдеу арқылы жүзеге асырылады. Бақыланатын илемдеу деформациялауды, әсіресе, үдеріс аяқталғанда, ең соңғы температурада деформация деңгейін жоғарылату арқылы төмен температурада ($800,850^\circ \text{C}$) жүргізеді. Бақыланатын илемдеудің әсері нокатты айтарлықтай ұнтақтауға, сондай-ақ карбонитридтік бөлшектердің дисперсті катаюына байланысты.

Кәдімгі және престелген темірбетонды арматуралау үшін көміртектің (25G2S, 30HGSA) құрамдас бөлігі (0,3% -ға дейін) көп берікті болаттардан тегіс немесе мерзімді ролик қолданылады.

Көпір құрылысында дәнекерленген конструкцияларды өндіру үшін 10ХСНД, 15ХСНД, 10Г2С1Д, 16Г2АФ және т.б. жоғары беріктігі бар болат ($a_0 > 600$ МПа) қолданылады.

Автоматты машина жасау және ауылшаруашылық машина жасауда: 12Г2СМФ, 14ГСМФР және басқа да жоғары берікті болаттар ($a_0 > 750$ МПа) қолданылады.

Кеме жасау кезінде кеме корпусы 390-785 МПа өнімділігі жоғары, төменгі көміртекті жақсартылған болат түрлерін пайдаланады. Никель, хром, мыс, ванадиймен қорытылған бұл болаттар параллельді феррит-перлит құрылымымен дисперсті-қатайтуға байланысты жоғары беріктікті қамтамасыз етеді.

Магистральдық құбырларды (мұнай-газ құбырларын), әсіресе солтүстіктегі сенімді жұмысын қамтамасыз ету үшін, төменгі қорытылған болаттарды > 500 МПа-мен пайдалануға ұсынылады; > 300 МПа-да; > 16% және -70 ° C-де соққыға төзімділігі кемінде 40 Дж / см² төмен болмауы керек.

Ірі диаметрлі мұнай құбырларын (2500 мм дейін), көміртекті (C <0.22%, Mn <0.65%, Si <0.37%) және төмен қорытпаны (C <0.20%, Mn до 1 , 65% және Cr, V, Nb және т.б. қоспалары)

Бұдан басқа, жақында магистральдық құбырларға ферритикалық-бенитикалық немесе ферритикалық-мартенситикалық құрылымы бар екі фазалы болаттар басқарылатын орамнан кейін ұсынылады. Мынадай болаттардың құрамы мынада, %: 0.03.0.1 C; 1,6 млн. 0,6 Cr; 0,6 Si; 0,02 Ti; 0,003,0,18 Nb; уақыт төзімділігі $t_{50} = -80, 90^{\circ}\text{C}$ кезінде $a_b = 700$ МПа. Феррит пен көмірдің қосындысы төмен температураларда болаттың тұтқырлық пен икемділігін арттырады.

Негізгі газ диаметрі газ құбырларын өндіру үшін 14ХГС болаттар ($a_b = 580$ МПа, $a_T = 350$ МПа), 17Г1С ($c_b = 520$ МПа, $c_T = 370$ МПа), 16Г2САФ ($c_b = 600$ МПа, $a_T = 420$ МПа), 16Г2АЮ қолданылады. ($c_b = 550$ МПа, $a_T = 370$ МПа), 08Г2МФБ ($a_b = 600$ МПа, $a_T = 450$ МПа) ыстықтай илектелген күйде және болат 09Г2С ($c_b = 500$ МПа, $c_T = 350$ МПа), 17ГСФ ($c_b = 600$ МПа, $c_T = 420$ МПа).

Құбырларды коррозиядан қорғау үшін олардың жұмыс жағдайларына байланысты битум, полиэтилен, эпоксидті және т.б. түрлі қорғаныш жабындары қолданылады.

Цементтелген болат. Динамикалық жүктемелердің үстіңгі тозу жағдайында жұмыс істейтін бөліктерді өндіру үшін төмен көміртекті болаттар қолданылады, әдетте құрамында көміртегі 0,2% артық емес, көмірқышқылдандыруға, сөндіруге және төмен температураға ұшырайды. Дайын бөліктің бетінің қаттылығы шамамен 20,40 HRC болуы керек. Көміртекті болаттардың нашар қатайтатынына қарамастан, қорытпалар болаттың цементтелуі және термиялық өңдеуі ядроның қосымша қатаюына әкеледі. Болатты көбірек қорытқан сайын қатайды.

Корпустың беріктендіру дәрежесіне қарай, карборивтикалық болаттардың үш тобы ерекшеленеді: тұрақсыз, нашар және қатты күшейтілген ядро (6.2-кесте) (МОСТ 1050-88, МЕМСТ 4543-71).

Кесте 6.2. Цементтелген болаттардың сәуі және төменгі температурадан кейін сипаттамасы

Тобы	Болат таңбасы	Құрамы , %					°0,2> МПа	МПа	8, %	Ψ> %	KCV, Дж/см ²
		C	Mn	Ni	Cr	Басқа да қорытпалы элементтер					
I	10	0,07... 0,14	0,35 ...0,65	—	Не более 0,15	—	205	330	31	55	—
	20	0,17...0,24	0,35...0,65	—	Не более 0,25	—	245	410	25	55	—
II	15X	0,12...0,18	0,4... 0,7	—	0,7... 1	—	490	690	12	45	70
	20X	0,17...0,23	0,5...0,8	—	0,7... 1	—	635	780	11	40	60
	15XФ	0,12...0,18	0,4... 0,7	—	0,8...1,1	0,06...0,12 V	540	740	13	50	80
III	20XH	0,17...0,23	0,4... 0,7	1-1,4	0,45...0,75	—	590	780	14	50	80
	18ХГТ	0,17...0,23	0,8... 1,1	—	1... 1,3	0,03 ...0,09 Ti	885	980	9	50	80
	12ХН3А	0,09...0,16	0,3...0,6	2,75...3,15	0,6...0,9	—	685	930	11	55	90
	12Х2Н4А	0,09...0,15	0,3 ...0,6	3,25...3,65	1,25... 1,65	—	930	1 130	10	50	90

Ескерту. 10 және 20-шы болаттардың механикалық сипаттамалары қалыпты жағдайға келтіріледі.

Бірінші топқа 10; 15; 20 көміртекті таңбалы болаттар кіреді. Оларды төменгі деңгейлі бөлшектер мен кішігірім бөлшектер үшін пайдаланалады. Цементтелген қабат астында ауспен қатайту кезінде феррит-меруерт қоспасына айналады.

Екінші топты әлсіз беріктендірілген ядроға ие 15Х, 20Х төменгі легирленген хромдық таңбалы болаттар құрайды. Ванадийдің (15ХФ болат) кішкентай қоспалары бар қосымша қоспалау болаттың икемділігін және беріктігін жақсартатын аз мөлшердегі ноқатты алуға мүмкіндік береді.

Үшінші топтың болаттары үлкен қимасы немесе күрделі конфигурациясы бар немесе үлкен ауыспалы кернеулер әсеріне ұшыраған бөліктерге арналған айтарлықтай әсер ететін жүктемелерді сезінетін бөлшектерді өндіру үшін пайдаланылады.

Бұл болаттар құрамына 20ХН, 12ХН3А, 12Х2Н4А никельдерді енгізеді. Никель тапшылығына байланысты орнына кейде марганецті ауыстырып, ноқатты (18ХГТ) ұсақтау үшін аз мөлшерде титан немесе ванадийді енгізеді.

Хром - никель болаттарын вольфраммен немесе молибденмен қоспалау (мысалы, таңбалы болат 18Х2Н4ВА немесе 18Х2Н4МА) салқындатылған аустенитті тұрақтандыру арқылы болаттың беріктік қабілетін одан әрі арттырады. Сөну нәтижесінде майда бөлшектердің ядросы мартенсит құрылымына ие болады. Осындай болаттарды динамикалық жүктемелерге төзімді болып келетін үлкен бөліктер, мысалы, тісті доңғалақтар, осьтер және т.б. үшін қолданылады.

Жақсартылған болаттар. Конструкциялық жақсартылған болаттармен (жылу өңдеуге арналған болат heat treatable steel) сөндіру және қоспалаудан және жоғары үзілістен тұратын температурадан тұратын жақсартылған кейін пайдаланылатын 5% -дан аспайтын қоспалау элементтер құралған орташа (0,3 ... 0,5% көміртегі) көміртекті болаттарды айтады. Мұндай болаттарды қатайту әдетте маймен жүзеге асырылады. Үзіліс температурасы 550,650°C құрайды. Термиялық өңдеуден кейін жақсартылған болаттар жүктеме соққысын жақсы қабылдайтын сорбит құрылымына ие болады.

Жақсартылған болаттар жоғары беріктікке, тұтқырлыққа, кернеулер концентраторларына төмен сезімталдыққа және жақсы беріктікке ие. Бірдей термиялық өңдеуден кейін беріктігі бар болған жағдайда әртүрлі таңбалы қасиеттері бар жақсартылған болаттардың бір-біріне жақын болады. Сондықтан бір немесе басқа тәсілмен жақсартылған болаттың белгісі әр нақты бір жағдайда болаттың беріктігіне, бөлшектік қимасы және оның конфигурациясының күрделілігіне, кернеу концентрациясының қатысуына негізделген.

Жақсартылған болаттар шартты түрде бес топқа бөлінуі мүмкін (МОСТ 4543-71). Топ саны артуына қарай қоспалау және бөлік өлшемі ұлғаяды, ол арқылы беріктікке қол жеткізіледі (6.3-кесте).

Кесте 6.3. Термиялық өңдеуден кейін жақсартылған болаттардың құрылымдық сипаттамасы

Тобы	Болаттар белгісі	Мазмұны, %						Суыққа төзімділік шегі* ^50° C	D95, MM критикалық диаметрінің орташа мәні
		C	Mn	Si	Cr	Ni	Басқа да қоспалы элементтер		
I	40	0,37 ..0,44	—	—	—	—	—	-20	10
II	40X	0,36 ...0,4 4	—	—	0,8... 1,1	—	—	-40	15
III	30XM	0,26 ...0,3 4	—	—	0,8... 1,1	—	0,15... 0,25 Mo	-50	25
	40XГ	0,36 ...0,4 5	0,9... 1,2	—	0,9... 1,2	—	—	-20	25
	30XГC	0,28 ...0,3 5	0,8... 1,1	0,9... 1,2	0,8... 1,1	—	—	-20	25
IV	40XH	0,36 ...0,4 4	—	—	0,45 ...1,75	1-1,4	—	-60	35...40
	40XHM	0,37 ..0,44	—	—	0,6...0,9	1,2... 1,6	0,15... 0,25 Mo	-70	50
V	38XНЗМФ	0,3. ..0,42	—	—	1,2... 1,5	3... 3,4	0,35...0,45 Mo, 0,1...0,2 V	100	100

*Суыққа төзімділік шегін талшықты компоненттің кемінде 50% бар соққыға ұшыраған үлгілердің сынуындағы температура көрсетеді

Жақсартылған болаттардағы кремнийдің қалыпты мазмұны 0,17 ... 0,37%, марганец 0,5-0,8%, фосфор мен аз мөлшерде күкірт 0,035% болады.

I тобына сыни диаметрі D_{95} -ден 10 мм-ге дейін жететін 35; 40; 45 белгісіндегі көміртекті болаттар кіреді, құрылымында кемінде 95% мартенситі бар төзімділікке қол жеткізіледі.

II тобында 30X, 40X белгісіндегі хромдық болаттар ұсынылған. Сыни диаметрі $D_{95} = 15.20$ мм. Осы топтағы болаттардың кемшілігі екіншісі сынғыштық үзілісінің II түріне бейімділігі болып табылады. Оларды үзілістен кейін (майда, суда) жылдам салқындату қажет.

III топқа 30XM, 40XГ, 30XГТ ($D_{95} = 20.25$ мм) бір немесе екі элементпен қосымша легирленген хромдық болаттар кіреді. Төзімділікті арттыру үшін хромдық болаттарға қосымша марганец (40XГ) және бор (40XГ) енгізіледі; молибденді (30XM) үзілістің II түрін азайту үшін енгізеді. Осы топқа жататын хромансильями деп аталатын 20HGS, 30HGS болаттар жоғары қасиеттерге ие келеді. Бұл болаттар жоғары беріктік кезінде $a_n = 1,200$ МПа және $KCV = 40$ Дж / см² жақсы дәнекерленеді. Үзілістің II түріне бейімділігі олардың кемшілігі болып табылады.

IV тобына құрамында 1,5% дейін никельден құралған 40ХН, 40ХНМ хром-никель болаттары кіреді. Олардың сыни диаметрі $D_{95} = 40$ мм. Бұл болаттар төменгі жұмыс температурасында басқа топтардың болатына қарағанда тұтқырлықтың үлкен шекарасына ие.

V тобы құрамында 3,4% никель бар 38ХНЗМ, 38ХНЗМФА комплексті легирленген болаттардан тұрады. Бұл болаттар салыстырмалы түрде қымбат болғанымен жақсартылған болаттардың ең жақсы түріне жатады. Сыни диаметрі $D_{95} 100$ мм құрайды және одан да көп, әлсіз бұзылуға бейімділігі төмен келеді. Осы топтың болаттарынан сооы жүктемесіне әсер ететін күрделі бөлшектерді дайындайды. Олардың кемшіліктері өңдеуді кесу қиындықтары мен бұқаларды қалыптастыруға бейімділігі.

Беріктігі жоғары болаттар. Беріктігі жоғары деп 1,5-ден астам МПа уақытша қарсылық білдіретін болаттарды айтады. Орташа және жоғары көміртекті комплексті-легирленген болаттардың сөндіру мен төменгі үзіліске жеткенде беріктік жағдайы жоғарылайды. Дегенмен, бұл жағдайда бөліктер мен конструкциялардың бұзылуына әкелетін болаттың тұтқырлығы мен икемділігі төмендейді. Шығымдылығы төмен беріктігі жоғары болаттарды тек жұмыс жағдайында динамикалық жүктемелер болмаған жағдайда ғана пайдаланады.

Конструкциялардың жұмыс қабілетін төмендетпей, жоғары беріктік жағдайға қол жеткізудің қазіргі заманғы тәсілдері, ТМО

ретінде болатты өңдеуді нығайтудың осындай әдістерінің бірі болып табылады және мартенсит-қартаюға арналған болат және PNP болат (PNP-пластикасы трансформация арқылы туындаған) сияқты жаңа жоғары күшті материалдарды пайдалану жатады.

Жоғары төзімді мартенситті ескіретін болаттар икемділігі мен жоғары тұтқырлығы үйлесімді ($y > 50\%$, $KCU > 50 \text{ J / cm}^2$) жоғары беріктігімен ($\sigma_b > 2000 \text{ МПа}$) сипатталады. Әлсіз зақымдану қаупі құрамында көміртектің минималды болуына байланысты төмендейді ($0,03\%$ аспайды).

Болаттың қатаюына екі күшейту механизмін біріктіру арқылы қол жеткізуге болады, яғни фазалық қартаю мен мартенситті қартаюы бірге болатын мартенситикалық айналым $g \rightarrow a$. Негізгі қоспалаушы элемент ретінде құрамы 17 ... 26% болатын никель элемент жатады. Болаттың мартенситті қартаю процесінің тиімді бағыты үшін титанды, алюминийді, молибденді, ниобийді және кобальтті қосады.

Құрамында: 17.19 Ni; 7.9 Co; 4.6 Mo; 0.5 Ti % 0.03 C аспайтын 03Н18К9М5Т болат кеңінен таралған. 03Н18К9М5Т болаты 800,850 ° C температурада ауада сөндіріледі. Сөндіруден кейін болат келесі қасиеттері бар көміртексіз мартенсит құрылымына ие: $\sigma_b = 1200 \text{ МПа}$; $\sigma_{0.2} = 1000 \text{ МПа}$; $\delta = 20\%$; $y = 75\%$; $KCU = 20 \text{ Дж / см}^2$. Қатты күйде болат қысыммен, қиомен және жақсы дәнекерлеумен өңделеді.

Мартенситтік- қартаюға арналған болат қартаю кезінде, яғни 450,500 ° C температурада негізгі қатаюға ие болады. Қартаю кезіндегі қартаюы N_3Mo , $NiTi$, Fe_2Mo , Ni_3 (Ti, Al) сияқты интерметаллидтердің мартенситтен шашыраңқы бөлшектерін шығаруымен байланысты болады.

Егер интерметаллы фазалар болжау сатысында тұрғанда, олар қатты ерітіндімен байланысып және өте кішкентай өлшемдерге ие болған жағдайда оладың беріктігі жоғары болады. Кобальтпен қоспалау қартаюдың әсерін арттырады. Қартаюдан кейін механикалық қасиеттері: $\sigma_b = 2000 \text{ МПа}$; $\sigma_{0.2} = 1,800 \text{ МПа}$; $\delta = 12\%$; $y = 50\%$; $KCU = 50 \text{ Дж/см}^2$ болады. Жоғары беріктікте болат әлсіз сынғыштыққа жоғары төзімділікті сақтайды. K_{IC} болатының мартенситті қартаюы $50,70 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$ құрайды. Кесу нүктесінің бірдей мәнінде қарапайым легирленген болаттардың сыну төзімділігі $30 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$ аспайды. -196 ° C температурада болат келесі қасиеттерге ие: $\sigma_b = 2400 \text{ МПа}$; $\delta = 10\%$; $KCU = 30 \text{ Дж/см}^2$. 03Н18К9М5Т болаты 450 ° C температурасына төзімді.

Мартенситті қартаюы болаттарын әуе кемелерінің құрылысына, зымыран конструкцияларында қолдануда бұл ерекше күштің маңыздылығы жоғары, сондай-ақ криогенді технологияларда төмен температурада жоғары икемділігі мен тұтқырлығы үшін оларды пайдаланылады.

Күшті ПНП болаттары аустенитикалық болаттар класына

жатады. Пайдаланылатын маркалардың біреуінде пайыздық мөлшері: 0,03 C; 8,10 Cr; 8,10 Ni; 4 Mo; 1,2,5 Mn; 2 Si дейін тұрады. 1,000 ... 1,100 ° C температурадан ауытқып және аустенит құрылымының бөлме температурасында алынуында (Mn және мартенсит қалыптасуының басталу нүктесі, Mg деформациясы 0 ° C-тан төмен) болат 450 600 ° C температурасында деформацияланады. Деформация кезінде аустенит қатайтылып, көміртекті және қоспалау элементтердің бөлініп дисперсті карбидтер (дисперстік беріктендіру) пайда болады. Бұл элементтердің аустенитпен бірігуінен Mg нүктесі оң температуралардың аймағына ауысады, ал M_n нүктесі бөлме температурасынан төмен болып қалады. Осындай өңдеу нәтижесінде ПНП болаттар жоғары икемділік кезінде ($\sigma > 30\%$) жоғары беріктікке ($a_n > 1,800$ МПа, $a_{0,2} > 1,400$ МПа) ие болады.

M_n мартенситті айналымның бастамасында және мартенсит деформациясының M_g бастапқы құрылуында температура деңгейінің әсерінен икемділігі жоғарылайды. ПНП болаттарында M_n төменгі нүктесі және бөлме температурасынан жоғары M_o нүктесі болғандықтан, созылу сынақтарында деформацияның окшаулау орын алып, аустенит тек осы аймақта мартенситке айналады және қатты болу нәтижесінде деформация көрші көлемдерде шоғырланады. Аустениттің мартенситке айналдыру деформацияны локализациялауға мүмкіндік бермейді, сынамадағы мойын созылмалы сынақ кезінде пайда болмайды, соның арқасында болаттың жоғары пластикасы жүзеге асырылады.

Жазық серіппелі болаттар. Серіппелі болаттарға қойылатын негізгі талаптар ұзақ уақытқа созылған серпімді қасиеттерді сақтай отырып, кішкене пластик деформацияларына (жоғары серпімділік шегі), жоғары шыдамдылық шегі мен релаксацияға қарсы тұрақтылығына жоғары кедергісі болып табылады. Бұлақтар мен серіппелерде пластикалық деформацияға жол берілмейді, сондықтан икемділік пен тұтқырлықтың жоғары мәндері анағұрлым маңызды емес.

Жоғары серпімді қасиеттері көміртегі мазмұны 0,5% -дан 0,7% -ға дейін және 350,450 о C температурада су тоғады және температура арқылы термодезит құрылымын алады. Троостит термиялық өңдеуден кейінгі көміртекті болат $a_{0,2} > 800$ МПа, қоспаланған - $a_{0,2} > 1,000$ МПа ие болады.

Жазық серіппелі болаттар әдетте, кремний және марганецпен (ГОСТ 14959-79), кейде басқа да элементтерімен араластырылады (6.4-кесте). Кремнийді енгізу температура кезіндегі мартенсит ыдырауын тоқтатады. Кремний мен марганец ферритті қатайтып, болаттың беріктілігін арттырады.

Жазық серіппелі болаттар жақсы беріктікке ие болуы керек. Перлит түріндегі айналым немесе аустенит қалдықтары болуынан болаттың серпімді қасиеттеріне нұқсан келтіреді. Пластикалық деформацияға төзімділікті арттыру үшін өте ұсақ құрылымды алу маңызды рөл атқарады.

6.4-кесте. Серіппелі болаттардың химиялық құрамы

Болат таңбасы	Мазмұны, %		
	C	Mn	Si
65	0,62 ... 0,7	0,5 ... 0,8	0,17 ... 0,37
70	0,67 ... 0,75	0,5 ... 0,8	0,17 ... 0,37
65Г	0,62 ... 0,7	0,9 ... 1,2	0,17 ... 0,37
60С2	0,57 ... 0,65	0,6 ... 0,9	1,5 ... 2
70С3 А	0,66 ... 0,74	0,6 ... 0,9	2,4 ... 2,8
60СГ	0,57 ... 0,65	0,8 ... 1	1,3 ... 1,8
40ХФ	0,37 ... 0,44	0,5 ... 0,8	0,17 ... 0,37

Термиялық өңдеуден кейін көміртекті серіппелі болаттардың механикалық қасиеттерінің орташа мәндері келесіні: $\sigma_{0,2} = 800 \dots 1000$ МПа; $\sigma_v = 1,000 \dots 1200$ МПа; $\delta = 5 \dots 8\%$; $\psi = 25,30\%$; икемділік жүктемесінде төзімділік шегі - 500,650 МПа, бұралуында 300 МПа құрайды. Төзімділік шегінің мәні беткі ақаулар болған кезде және декороризациялау кезінде азаяды. Беткі қабаттарда жарылыс болғаннан кейін төзімділігін арттыратын қалдық қысымды кернеулер түзіледі. Беріктігін арттыру нәтижесінде 1,5-2 есеге бетінің шаршау шегі артады.

Жазғы серіппелі болаттарды кремний және басқа элементтермен қоспалау кезінде механикалық қасиеттері мынадай болады: $\sigma_b = 1,300 \dots 1,800$ МПа, $\sigma_{0,2} = 1,100, 1,600$ МПа кезінде $\delta = 5,8\%$, $\psi = 20,35\%$.

Көмірқышқыл, марганец, кремнийлі болаттар спектрлері 200 ° С температурада аспай жұмыс істейді. 300 ° С температурасына дейін қыздырылған кезде, 50ХФА болаттан жасалған серіппелер және жоғары температураларда - ыстыққа төзімді болаттарын: 500 ° С дейін - 3Х2В8Ф болатын, 600 ° С дейін - Р18 болатын пайдаланады.

Агрессивті ортада жұмыс істеу үшін серіппелерді 40Х13, 95Х18, және т.б. түріндегі хромды коррозияға төзімді болаттар дайындайды. Кейбір криогенді жағдайларда және агрессивті ортада жұмыс істеу үшін мартенситті қартаюға арналған болаттарды пайдалану ұсынылады.

Кеме жасаушы болаттар. Кемелер үшін корпусты болаттарын (кеме жасаушы болаттар) (МОСТ 5521-93) -60 температурасында дәнекерленген конструкцияларды дайындау үшін теңіз суының коррозиялық әсер ету жағдайында +150 ° С, қосымша статистикалық және динамикалық жүктемелерінде қолданылады..

1950 жылдардың басында МОСТ 5521-50 тиесілі кеме корпусын салу үшін 220.270 МПа шығу шегі бар көміртекті болаттарды және 12.22% салыстырмалы ұзартуын қолданған. Қазіргі уақытта (МОСТ 5521-93) қорытпалы болаттарды пайдаланылуына байланысты және өңделуінің жақсартуына байланысты салыстырмалы ұзарту 19,22% кезінде беріктік сипаттамалары 350 ... 750 МПа дейін жетеді.

Кеме жасау маретиял сапасына қойылатын талаптардың артуына байланысты, кеме тойтармаларының орнына дәнекерлеуге көшуден басқа, кемелердің жылжуына байланысты, қазіргі уақытта дамыған жаңа технологиялық процестердің тұтас кешенін қолданылуда: микроэлементтер, пештерді тазарту, диірменді ағынмен басқарылатын прокат және бүркүді салқындату сияқты қолданылады. Кеме жасаушы болатты тұжырымдамасы өзгерді. Бұл санатқа тек қана жер үсті кемелерінің корпустарына арналған металдар ғана емес, сондай-ақ төмен температуралы жағалау қондырғылары үшін материалдар, сондай-ақ тереңдікте жұмыс істейтін суасты қайықтарына және құрылғыларға арналған болаттар кіреді. Оларға теңіздегі жүзу бұрғылау қондырғылары, стационарлық теңіз платформалары, терең теңіз көліктері және басқалары кіреді.

Ресейде кеме жасау үшін болатты Санкт-Петербургтің «Прометей» құрылымдық материалдардың орталық ғылыми-зерттеу институты негізгі әзірлеуші ретінде болып табылады.

Жоғары беріктігі қажетті тұтқырлық пен икемділікке, сонымен қатар төмен температураларда: межатомиялық байланыстың ковалентті компонентін әлсірететін никель мен мысты ферритикалық матрицаны қоспалау жолымен жүзеге асады.

ұсақ түйіршікті құрылымды қалыптастыруға ықпал ететін ұсақ қоспалауды қолдану;

молибденмен қоспалау, болатты қаттылыққа бейімділікке жол бермейді;

дәнекерленген құрылымдағы қабатталған сынықтарға жоғары төзімділігіне кепілдік беретін зиянды қоспалар мен сүтегі құрамының аз болуын қамтамасыз ететін арнайы балқыту және тазарту әдістерін қолдану, оның ішінде бағытталған қабаттың қалыңдығы бойынша жоғары созылу жүктемесі кезінде;

орташа температура сипатындағы сынғышты мүмкіндігінше азайтатын термиялық өңдеудің оптималды режимдерін құру және бейнитті аймағы $g \wedge a$ өзгеруінің маңызды бөлігін қамтамасыз етеді.

Суық күйде тұтқыр болаттарды мұзжарғыштар мен арнаулы кемелердің корпустарын дайындау үшін, сондай-ақ сұйылту, сақтау және газдарды тасымалдау үшін (аммиак, табиғи газ және т.б.) кемелерді құруда қолданылады.

Кеме жасауда ферритикалық болаттарды дәнекерлеуге үлкен мән беріледі. Осындай болаттардың тұтқырлығын жақсарту және суық мыжылған табалдырықты азайту үшін олар 1,8% -ға дейін марганецті енгізеді және көміртегі мөлшерін 0,18% -тен төмендетеді.

Соңғысын сонымен қатар, дәнекерлеуін жақсарту үшін жасайды, себебі көміртектің термиялық аймақта мартенситті көп мөлшерде пайда болуынан дәнекерленген тігістің дәнекерлеуден кейінгі салқындату әсері және соның салдарынан катаюға әкеледі.

Никельмен қоспалау жасау арқылы суыққа сынғыш шегін азайту ұсынылады. Никельдің аз ғана концентрациясы кезінде (2% дейін) оның төменгі көміртекті болаттың тұтқырлығына әсері айналым температурасының төмендеуіне және осы жағдайға байланысты феррит ноқат мөлшерінің азаюына негізделеді. Қалыпқа келтірілген кездегі никельдің көп мөлшерде болуы бейнит пен мартенсит пайда болуына алып келеді. Никельдің мөлшері шамамен 9% болған жағдайда аустенит аз мөлшерде болуына қарай тұтқырлығы артады, соның нәтижесінде демалыс уақытында қайта қалыпқа келіп, оның құрамы тұрақталады.

Арнайы енгізілген қоспалау элементтерінің мазмұнымен қатар, зиянды қоспаларға арналған болаттың тазалығы тұтқырлыққа үлкен әсер етеді. Құрамындағы күкірттің азаюы соққының беріктігін арттыруға әкеледі, ал орташа 10°C -қа әрбір 0,01% фосфор суыққа сынғыш шегін ауыстырады.

Тұтқырлықтың ноқат мөлшеріне айқын тәуелділігіне байланысты жалдау жағдайлары сондай-ақ суыққа сынғыш шегіне әсер етеді. Соңғы илемдеу температурасының төмендеуі және төменгі температура аймағында төмендеу деңгейінің жоғарылауымен шағын аустенит дәндерінің көлеміне қарай қайта кристалданады. Мұның нәтижесі ретінде салқындату кезіндегі фазалық айналымда ұсақ ферритті ноқат болып табылады. Төмен температураларда жылжымалы ыстықтай илемделген күйде жоғары тұтқыр қасиеттері бар парақтарды шығаруға болады. Тегістеудің ұсақ түйіршікті құрылымы кейінгі термиялық өңдеуге оң әсер етеді және қалыпқа келтірілген күйдегі тұтқырлықты жақсартады. Кейінгі құрамының жақсаруы аустенитизациядан кейінгі тездетілген салқындату (сөндіру) есебінен қол жеткізіледі. Бұл жетілдіру, әсіресе, жеткілікті мөлшерде қоспалау элементтері бар болаттың мартенсит немесе төменгі бейнит аймағындағы салқындатудан кейін өзгеруіне ұшыраған кезде және қажет тұтқырлықты алу үшін, температурадан тазарту кезінде әсіресе тиімді болады.

6.5 кестеде қазіргі заманғы кеме жасаушы болаттардың механикалық қасиеттерінің мәндері көрсетілген.

Кеме жасауда күрделі конфигурация құймаларын жасау үшін құйылған жоғары беріктік құрылымды болаттар кеңінен қолданылады.

08ГНДФЛ және 08Г2ДНДФЛ маркалы болаттарды жүгіру бұрандаларын, рульдер кронштейндер түріндегі ірі корпус бөлшектерінде пайдаланады, ал теңіздегі бұрғылау қондырғыларын тіреу колонкаларының жоғары жүктелетін элементтері, қалқымалы крандарды айналдыру механизмі мен үлкен сыйымдылық ілгегі (жүк көтерімділігі 800 тоннадан астам) үшін беріктігі жоғары, суыққа төзімді дәнекерленген АВ-1Л және АВ-3Л белгісіндегі болаттар пайдаланылады (6.6-кесте).

6.5-кесте. Механикалық қасиеттері және АБ түріндегі болаттар түрінің сыни температурасы

Таңба	қалыңдығы (әрлеулер), мм	°В, МПа	а ₀₂ , МПа	6 ₅ , %	V, %	КСV ²⁰ , Дж/см ²	KV, Дж	Сыңғыштың сыни температурасы, °C	Дәнекерлеу кезінде жарыққа төзімділік параметрі
				кемінде					
АБ	10..40	510 ..690	кемінде 390	21	—	—	78*	-80	0,175... 0,255
АБА	10..40	510 ..690	кемінде 390	21	—	—	78*	-80	0,175... 0,255
АБ1	10...70	570..710	кемінде 490	20	53	—	47**	-60...-80	0,221.. 0,328
АБ1А	10...70	570..710	кемінде 490	21	60	—	78*	-80	0,221.. 0,328
АБ2	10..30	кемінде 637	588...686	18	55	—	7g**	-80	0,185.. 0,275
АБ2К	31...70	Не менее 637	588...686	18	55	—	7g**		0,258... 0,345
АБ2А	71..130	66 5 ...805	кемінде 590	16	55	—	59***		0,275.. 0,378
АБ3	10..40	360 ..1020	кемінде 730	11	45	78,5	—	-40	0,315.. 0,458

АБ3А	○ ○	кемінде 833	784 ..882 .	14	55	98	—	-150...-170	0,274...0,354
АБ4	10...60	кемінде 833	784 ..882 .	14	50	98	—	-120...-140	0,3..0,376
АБ4К	61..100	кемінде 833	784 ..882 .	14	55	98	—	-120...-140	0,315...0,39
АБ5А	41...60	кемінде 1029	980 .. 1078 ..	13	50	78,5	—	-100...-120	0,308...0,382
АБ6А	61..100	кемінде 1029	980 .. 1078 ..	13	50	78,5	—	-100	0,322...0,396
АБ7А	61..100	1251...1421	кемінде 1 176	11	48	—	—	-60	0,41...0,57

Ескертулер: 1. Барлық осы болаттар үшін сынудағы талшық құрамдас бөлігі 90% құрайды.

2. С, Мп, Сг, Сu, Мо, Ni, Si, Vu, V, В сәйкес келетін үлес болып табылады. Sect = C + Mn + S '+' ^ '~ және ++ T7G + 1m + md + 5B 2U 15 6U 3U
IU тиісті элементтердің проценттік құрамы.

*60 °C - температурасында

** 40 °C - температурасында

*** 50 °C - температурасында

6.6 кесте Құюға арналған болаттардың механикалық қасиеттері

Болаттар таңбасы	$\sigma_{0.2}$, МПа	s , МПа	≤ 5 , %	γ , %	KU^{40} , Дж	KV^{20} , Дж	KV^{40} , Дж	t , °C k'
	кемінде							
08ГДНФЛ	350	450	20	45	35	—	—	200
08Г2ДНФЛ	380	480	20	45	50	—	—	200
АБ-1Л	600	—	17	50	—	70	—	200
АБ-3Л	600	—	15	50	—	70	40	200

Ескерту: t_k - сынғыштықтың сыни температурасы

6.7 кесте Жүгіру бұрандаларына арналған болаттардың механикалық қасиеттері

Болат таңбасы	$\sigma_{0.2}$, МПа	s , МПа n'	s_5 , %	γ , %	KV^{10} , Дж
	кемінде				
08Х14НДЛ	500	650	15	40	21
08Х15Н4ДМЛ	600	750	17	45	40

Құю және дәнекерлеу кезінде барлық болаттар жақсы өңдеуге ие болып келеді. Дәне бөліктерінің күрделі конфигурациясы үлкен массасы мен өлшемдері бар екенін ескере отырып, олар жиі литодәнекерленген нұсқада қолдана отырып, қолмен және жартылай автоматты дәнекерлеу әдісімен термиялық өңдеусіз немесе электрошлақты дәнекерлеуден кейін теңіз аймағының жергілікті термиялық өңдеуімен жасалады. Барлық болаттар үшін дәнекерленген түйістердің механикалық қасиеттері негізгі металдың механикалық қасиеттеріне ұқсас келеді. ЦНИИКМ «Прометей» мұзжарғыш көлік кемелер мен мұзжарғыштар тасымалдайтын ауыр жүк көтергіштері үшін жоғары коррозияға төзімді болаттар құрылды: 08Х15Н4ДМЛ өтпелі аустенит-мартенситикалық класы таңбасының және 08Х14НДЛ мартенсит класы таңбасы 6.7 кестеде механикалық қасиеттері көрсетілген. Дамыған технологияның арқасында диаметрі 605 мм дейін пышақтың тамыр бөліктерінің қалыңдығы 400 мм-ге дейін және 30-дан 50 тоннаға дейін салмаққа жететін пышақтар мен құрама жүгірме бұрандаларын жасауға мүмкіндік береді. Кеме жасау үшін пайдалануға арналған материалдар тізбесін айқындайтын Теңіз тізілімінің Ережелері мен Реестр Регистрінің ережелері болып табылады, онда болат құю, құбырлар, құйма құймалар, құйма және түсті қорытпалардың құймасы, корпустық құрылымдарға арналған қорытпалардан жасалған жартылай фабрикаттар, болат конструкциялары үшін болат кабельдері мен тізбектер, пластмасса

және желімдер. Реестрдің ережелері кеме жасау материалдарын сынау тәртібі, көлемдері мен әдістерін реттейді құжаттар кіреді.

Шетелде жіктеу және құрылыс ережелері келесі құжаттарда жинақталады: Lloyd's Shipping (LR) реестрі - Ұлыбритания; Germanischer Lloyd (GL) - Германия; Italiania Novile компаниясын тіркеу (RINA) - Италия; Det Norske Veritas (DNV) - Норвегия; Американдық жүк тасымалдау бюросы (ABS) - АҚШ.

6.4. Құралдық болаттар және қорытпалар

Белгілеу бойынша құралдық болаттарды кесу, штамптау және өлшеу құралдық болаттарға бөлінеді. Бұдан басқа кескіш құралдарды дайындау үшін, әсіресе жоғары жылдамдықты өңдеу кезінде қатты қорытпалар кеңінен қолданылады.

Кесетін құралдарға арналған болаттар мен қорытпалар. Болаттарға қойылатын негізгі талаптар. Кесу құралы металды өңдеу кезінде ұзаққа созылған байланыс пен үйкеліс жағдайында жұмыс істейді. Жұмыс барысында кесу жиегінің конфигурациясы мен қасиеттері өзгеріссіз қалуы керек. Кесу құралын жасау материалы жоғары қаттылыққа (кемінде 60 ... 62 HRC) ие болып, тозуға төзімді болуы керек, яғни үйкеліс жағдайында ұзақ уақыт бойы жиектің кесу қасиеттерін сақтау қабілетіне ие болуы керек.

Өңделетін материалдардың қаттылығы неғұрлым жоғары болса, қалың жоңқалар, кесу жылдамдығы неғұрлым жоғары болса, кесу үдерісіне жұмсалатын энергия үлкенірек болады. Механикалық энергия жылу энергиясына айналады. Бөлініп жатқан жылу кескішті, бөлікті, жоңқаны қыздырады және ішінара таратылады. Сондықтан аспаптық материалдарға қойылатын негізгі талаптар жоғары жылу қарсылығын білдіреді, яғни жұмыс кезінде ұзақ уақыт бойы қыздыру кезінде қаттылықты және кесу қасиеттерін ұстап тұру қабілеті болуы керек. Кескіш аспаптарға арналған құрал-жабдықтардың үш түрі жылуға төзімділікпен ерекшеленеді: ыстыққа төзімсіз, жартылай ыстыққа төзімді және ыстыққа төзімді.

Кесу кезінде ыстыққа төзімсіз болаттар 200-300 ° C дейін қызған кезде, көміртек марценитті сөндіруден босатылып, кесу құралының қаттылығын жоғалтуға және тозуға әкелетін цементит түріндегі карбидтердің коагуляциясы басталады. Отқа төзімсіздерге құрамында 4% дейін қоспаланған элементтерді қамтитын көміртекті және аз қоспаланған болаттар кіреді.

4% -дан астам хром және басқа карбид жасайтын элементтері бар орта қоспаланған болаттардан тұратын болаттар жартылай ыстыққа төзімді болаттарға жатады, мысалы, 9X5VF, олардың қаттылығын шамамен 400 ° C температураға дейін сақтайды. Ыстыққа төзімді

болаттар 600 ° С температурасынан шамалы жоғары температураға дейін қызған кезде қаттылық пен тозуға төзімді болады.

Көміртекті және аз қоспаланған болаттар төменгі температураға төзімді және төмен кермектігі бар болғандықтан, оларды төменгі кесу жылдамдықтарындағы жеңіл жұмыс жағдайында қолданылады.

Төзімділігі мен ыстыққа төзімділігі жоғары жылдам кесетін болаттарын аса ауыр жұмыс жағдайында қолданады. Қатты қорытпалар мен керамикалық материалдар тіпті жоғары кесу жылдамдығын мүмкіндік береді.

Қолданыстағы материалдардан бор нитриді-эльбор жылу қарсыласуының ең жоғары деңгейіне ие. Элбор жоғары қаттылық материалдарын, мысалы, қатайтылған болатты, жоғары жылдамдықта өңдей алады.

Көміртекті болаттар. Көміртекті құрылымды болаттар (ГОСТ 1435-99) К әрпімен белгіленіп, келесі одан кейінгі сан көміртегі мөлшерінің оннан бір бөлігіндегі мазмұны көрсетілгенін білдіреді. Құралды шығару үшін У7-У13 және У7А-У13А санаттағы жоғары сапалы болаттардың жоғары сапалы көміртекті болаттарын қолданады. Сапалы болаттар 0,03% аспайтын күкірт пен жоғары сапалы - 0,02% аспайтын фосфордан құралады. Белгілеу бойынша көміртекті болаттар соққы жүктемелері мен статикалық жүктелген аспаптың жұмысы болып ерекшеленеді.

У7-У9 болат маркалары жоғары кесу қабілеттілігін талап ететін әсер ету жүктемелерімен жұмыс жасау үшін, құрал-саймандар жасау үшін қолданылады (металға арналған бұрылыстар, маркалар, ағаш өңдеу құралдары, атап айтқанда аралар, осьтер және т.б.).

У10-У13 болат маркалары, жұмыс кезінде соққылар мен жоғары қаттылыққа ұшырамайтын кескіш құралдарды өндіруге жұмсалады (файлдар, қырғыштар, өткір хирургиялық құралдар және т.б.). Бұл маркадағы болаттардан кейде суық деформацияланған қарапайым штамптар да шығарылады. Ыстық пластикалық өңдеуден кейінгі (дөңгелектеу немесе илектеу) және ауада салқындатылғаннан кейін көміркышқылдан кейінгі эвтектоидты болаттар, плиталық перлит пен феррит аз мөлшерде тұратын, ал әдетте, бұрынғы аустенит дөңдерінің шекаралары бойымен үздіксіз немесе үзіксіз тор құрастыратын гиперэтектоидты болаттар - ламельдер перлиті және артық мөлшерде цементитқұрылымына ие болады.

Көміртекті болаттардың термиялық өңдеуі екі жұмыстан тұрады: алдын ала өңдеу және соңғы өңдеу. Болаттарды алдын-ала термиялық өңдеу 740 ... 760 ° С температурада қызып кететін түйіршікті перлит-псевдо-перлиттен тұратын микроқұрылымды алудан тұрады, себебі бұл беріктен кейін болаттың бұл микроқұрылымы біркелкі қасиеттерге ие болады және құралдың өңделуін жеңілдетеді. Соңғы термиялық өңдеу термиялық және төмен температурадан тұрады. Қаттылығын 780,810 ° С температурасынан суда жүзеге асырады, яғни глюкозацетикалық болаттар үшін A_{c3} нүктесінен сәл жоғары және эвтектоидты заттардың A_{cm} нүктесінен төмен температураларында жүргізеді.

Көміртегі болатының өте маңызды сыну жылдамдығы - шамамен 200 ... 300 ° С / с. Осыған байланысты қатандату кезінде салқындатудың біршама баяулауы тіпті қолайсыз болып табылады, себебі бұл аустениттың перлит аралықта температураның жартылай қимылына және соның салдарынан жұмсақ дақтардың пайда болуына әкелуі мүмкін.

Әсіресе аустенит көміртекті болаттардағы 500,550 ° С-қа дейін температурада ыдырауы бірден басталып, өте қарқынды жүреді және бірнеше секунд ішінде толығымен аяқталады. Сондықтан кішкене диаметрлі аспаптарды суда сөндіргеннен кейін ғана қайнатуға болады. Дегенмен, бұл жағдайда олар үлкен деформацияларды тудыратын үлкен ішкі кернеулер жасайды.

Суда және тұздардың, қышқылдар мен сілтілердің сулы ерітінділерінде суға қарағанда салқындату қабілеті жоғары тек мартенситке жұқа беттік қабатта қатаяды. Құралдың терең аймағының құрылымы ауытқу температурасында аустенит өнімдері ыдырайды. Осындай құрылым бар құралдың ядросы мартенситикалық құрылыммен салыстырғанда аз болып келеді. Сол себепті, мұндай ядро бар құралдар мартенсит арқылы немесе өткір құралдармен салыстырғанда соққылар мен соққыларға жақсы әсер етеді.

Көміртекті болаттар майды сөндіруге болатын және диаметрі немесе 18.25 мм ең кішкентай қалыңдығы бар құралдар үшін, сондай-ақ, беріктендіру арқылы қол жеткізуге болатын кішкентай құралдарға (5 мм-ге дейін) сай келеді, онда кескіш бөлшектер тек бетінің қабатында, мысалы, санауыштар, таспаларда болады.

Көміртекті болаттан жасалған болат қаттылығының төмендеуіне жол бермеу үшін 200 ° С-тан аспайтын температурада шығарылады. Соңында термикалық өңделген көміртекті болаттардың қаттылығы әдетте 56,64 HRC интервалында болады.

Көміртекті болаттан жасалған болаттардың артықшылықтары төмен шығындарымен, қысымның жақсы түрде өңделуі және жылытылған күйде кесілуі болып табылады. Олардың кемшіліктері - төменгі кесу жылдамдығы, суға тұншығып кетуден кейін төмен тығыздалу дәрежесі мен айтарлықтай деформацияға байланысты шектеулі құрал өлшемдері.

Қоспаланған болаттар. Кескіш аспаптарға арналған төмен қоспаланған болаттар (13X6, 9XS) сондай-ақ жоғары жылуға төзімсіз және әдетте 200.250 ° С жоғары емес температурада жұмыс істеуге жарамды болып келеді. 9X5BФ, 3X4B3M3Ф2 түріндегі орташа қоспаланған болаттар жоғары жылуды (300.500 ° С) құрайды. Көміртекті қоспалардан айырмашылығы, қоспалы болаттар салқындатылған аустенитке жоғары қарсылыққа ие болады, демек, әлдеқайда қатайтылуы және біршама жоғарырақ кедергіге төзімді болады.

6.8 кесте. Қоспаланған инструментальды болаттардың химиялық құрамы

Болат таңбасы	Мазмұны, %					
	C	Mn	Si	Cr	W	V
13X	1,25 . . 1,4	0,3 . 0,6	0,15 .. 0,35	0,4 . 0,7	—	—
9XC	0,85 .. 0,95	0,3 . 0,6	1,2 .. 1,6	0,95 . 1,25	—	—
XBГ	0,9 . 1,05	0,8 .. 1,1	0,15 .. 0,35	0,9 ... 1,2	1,2 ... 1,6	—
XBСГ	0,95 . 1,05	0,6 . 0,9	0,65 . 1	0,6 . 1,1	0,5 . 1,2	—
9X5ВФ	0,85 . 1	0,15 .. 0,4	0,15 .. 0,4	4,5 .. 5,5	0,8 . 1,2	0,15,0,3

Оларды 40 мм немесе одан да артық сыни диаметрде маймен қатайтуға болады. Майды немесе полимерлі сұйылту құралдарын пайдалану құралдың деформациясын және соғуын азайтуға мүмкіндік береді, ұзынырақ болуына байланысты ол үлкенірек көлденең қимасы болуы мүмкін.

Төмен қоспаланған 13X болаты салыстырмалы түрде таяз қаттылыққа ие және 15 мм диаметрі бар құралдар үшін ұсынылады. Осы болаттан хирургиялық, гравировальщиктер мен қауіпсіздік пышақтар жасалған. 9XC, XBГ, XBСГ болаттарын диаметрі 60 ... 80 мм (МОСТ 5950-2000) бар бұрғылар, рейстер, шпалдар жасау үшін (МОСТ 5950-73) (6.8-кесте) кең ауқымды құралдарды жасау үшін қолданылады.

Қоспаланған кесетін болаттардың әдеттегі термиялық өңдеуі майда немесе қатандану температурасында 830.870 ° С және 200 ° С температурада шөгуден тұрады. Термиялық өңдеуден кейінгі қаттылық - 61,65 HRC тең. Егер тұтқырлықты арттыру қажет болса, температурасы 200.300 о С дейін өседі. Мартенситтің кейбір ыдырауы нәтижесінде қаттылық 55,60 HRC дейін төмендейді.

Жоғары жылдамдықтағы болат. Кесу жылдамдығы артып келе жатқанда, болаттың ыстыққа төзімділігіне талаптар қойылады. Бұл талаптар 1902 жылы ұсынылған жоғары жылдамдықты болаттармен қанағаттанған.

Шапшаң кесетін болаттар Р әрпімен белгіленген, суретте вольфрамның негізгі мазмұны, негізгі ұнтақ элементі көрсетілген. Барлық жоғары жылдамдықтағы болаттардағы орташа көміртегі мөлшері әдетте 1% -дан сәл аз, хром - 4% дейін болады, сондықтан бұл элементтер көрсетілмейді. Қалған қоспалаудың мазмұны барлық пайыздарда әдеттегідей әріптермен белгілегеннен кейін сандар бойынша көрсетіледі.

Тұншығу мен температурадан кейінгі жоғары жылдамдықтағы болат карбидтері бар жоғары қоспаланған мартенсит құрылымына ие және 620 ° С температура кезінде қызғанда іс жүзінде өзгермейтін бастапқы құрылымды сақтайды.

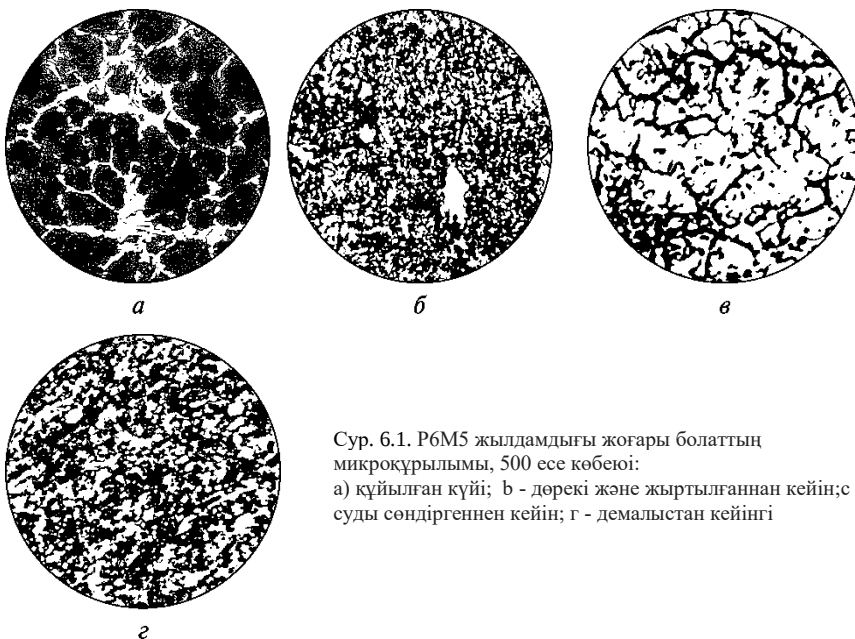
6.9 кесте. Жылдам кесетін болаттардың химиялық құрамы

Болат таңбасы	Мазмұны, %					
	C	Cr	W	V	Mo	Co
P18	0,73 ... 0,83	3,8 ... 4,4	17 ... 18,5	1 ... 1,4	До 1	До 0,5
P9	0,85 ... 0,9 5	3,8 ... 4,4	8,5 ... 9,5	2,3 ... 2,7	До 1	До 0,5
P6M5	0,82 ... 0,9	3,8 ... 4,4	5,5 ... 6,5	1,7 ... 2,1	4,8 ... 5,3	До 0,5
P6M5Ф	0,9 5 ... 1,05	3,8 ... 4,3	5,7 ... 6,7	2,3 ... 2,7	4,8 ... 5,3	До 0,5
P6M5K5	0,84 ... 0,9 2	3,8 ... 4,3	5,7 ... 6,7	1,7 ... 2,1	4,8 ... 5,3	4,7 ... 5,2

Жоғары жылдамдықтағы болаттан жасалған кескіш, төменгі қызуға төзімді болаттардың бірдей сипаттамаларына қарағанда, кесу жылдамдығын 2-ден 4 есеге дейін ұлғайтуға және құралдың қызмет ету мерзімін 10-дан 30 есеге арттыруға мүмкіндік береді.

Кейбір жылдам кесетін болаттардың (МОСТ 19265-73) химиялық құрамы 6.9 кестеде келтірілген.

Жылыту кезінде қаттылығын жоғалту негізінен мартенсит ыдырауына және тұндыру карбидтерінің коагуляциясымен байланысты болады. Көміртегі мен қоспаланған болаттардағы карбидтерді 300 ° С жоғары температурада күйдіруі жоғары қаттылықтың жоғалуына әкеледі.



Сур. 6.1. P6M5 жылдамдығы жоғары болаттың микроқұрылымы, 500 есе көбеюі:
а) құйылған күйі; б - дөрекі және жыртылғаннан кейін; в - суды сөндіргеннен кейін; г - демалыстан кейінгі

Тез кесетін болаттардың ыстыққа төзімділігі көміртектің барлық түрлерін арнайы карбидтерге байланыстыру үшін жеткілікті мөлшерде вольфрам, ванадий мен молибденмен көміртегі құрайтын элементтермен қоспалауына байланысты болады. Марценит пен көмірқышқыл коагуляциясының ыдырауы 600 ... 650 ° C температурасында жүреді.

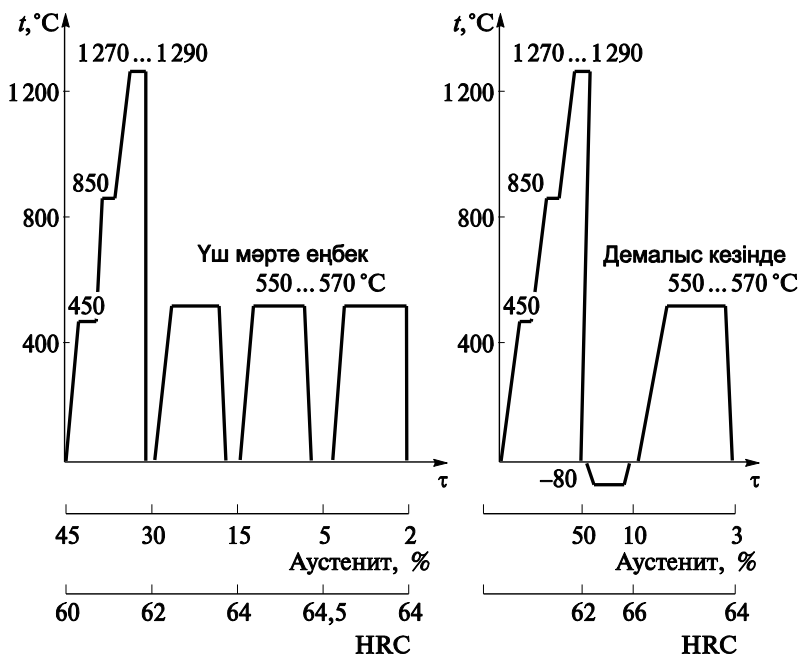
Тез кесетін болаттың микроқұрылымы 6.1. суретте көрсетілген. Тұтқаны жоғары жылдамдықтағы болат күшейгенде, ледебуритке ұқсайтын ноқат шекаралары бойымен орналасқан эвтектика түзіледі. Тез кесетін болаттар ледибурит класына жатады. Соқпалы немесе илектеуден кейін эвтектиканың торы оған кіретін карбидтері ұнтақталып, негізгі матрицада біркелкі таратылады. Жылжымалы немесе соғылғаннан кейін, жоғары жылдамдықтағы болат қаттылығы төмендеп, өңдеуді жеңілдету үшін изотермиялық жырылуға ұшырайды. Болат 740 ° C температурасында аустенит толығымен пирлит-сорбитол құрылымына айналғанға дейін сақталады.

Тез кесетін болаттан жасалған құрал бірнеше рет демалыстан кейін және қатаюдан кейін ыстыққа төзімділігі жоғарылайды. Қатайтуда қыздырған кезде, карбидтердің максималды еруін және жоғары қоспалаудың аустенит өндіруін қамтамасыз ету қажет. Бұл құрылым тұрақтылықты арттырады және жоғары ыстыққа төзімді мартенситі беріктендіруден кейін алуға мүмкіндік береді. Болаттардың қатаю температурасы, ° C: R18 - 1270,1290; P9 - 1220.1240; P6M5 - 1210.1230 құрайды. Болаттың өткізгіштігінің төмен болуына байланысты құралдарда сызаттар мен деформацияны болдырмау үшін балкытылған тұздарда сөндіруге арналған қыздыруды қоланып, ал қатаюды майда өндіреді.

Тез кесілетін болаттардың қатаюдан кейінгі құрылымы артық карбидтерді және шамамен 30% қалдық аустенитті жылыту арқылы шешілмеген жоғары көміртекті мартенситтен тұрады. Қалдық аустенит болаттың қаттылықты кесу қасиеттерін, оның тегістігін төмендетеді; оның құрылымында болуы жағымсыз болып келеді.

Қалдық аустениттен бірнеше рет шоғырлану арқылы диспергирленген карбидтер босатылады, аустенит қоспалауы азаяды және мартенситикалық айналымға ұшырайды. Әдетте үш сағаттық температура 45.60 минут бойы 550.570 ° C температурада қолданылады. Жоғары жылдамдықтағы P18 құрастырылған аспапты жылу өңдеу режимі 6.2 сур көрсетілген. Демалыс саны қатайтудан кейінгі суықта өңдеу арқылы азайтылуы мүмкін, соның салдарынан қалдық аустенитінің мазмұны азаяды. Суыққа өңдеуде салыстырмалы түрде қарапайым пішінді құралдарға ұшырайды. Қатаюдан кейінгі қаттылық 62,63 HRC, ал демалыстан кейін 63,65 HRC дейін артады.

Құрастыру үшін тез кесетін болаттардың ұнтақтарын қолданғаны белгілі.



Сурет 6.2. Жоғары жылдамдықтағы P18 болат құралдарды жылу өңдеу режимдері
 а - сөндіру және үш еселенген демалыс; б - беріктендіру, суық өңдеу, температура

Бастапқы қоспасы алдын ала ұсақталған тез кесетін болаттар қырғыштан тұрып, суық күйінде қалыптастырылады, содан кейін борпылдақ бланкілерді синтездеуден құралады. 3 ... 5 сағатта 1 200 ... 1 250 $^\circ\text{C}$ температурасында тазарту вакуумда жүзеге асырылады.

Кеуектілігін азайту үшін ұнтақтылығы жоғары жылдамдықтағы болат ыстықтай басып немесе ыстықтай сығылады. Осыдан кейін бұйымдар осы болат маркаларына тән термоөңдеуге ұшырайды. Ұнтақты жоғары жылдамдықтағы болат дәстүрлі әдістермен жасалған болатқа қарағанда ыстыққа төзімді, және нәтижесінде тозуға төзімді болып келеді. Бұл болат құрамына кіретін аустенит элементтерінде қоспалауда элементтердің ұсақ дисперсті құрылымы мен карбид фазасының біркелкі үлестірілуінің жоғары дәрежесімен түсіндіріледі. Ұнтақты жылдамдығы жоғары болат құрылымында карбидтер әртүрлі болмайды. Дәстүрлі әдіспен алынған жоғары жылдамдықтағы болаттан гөрі ұнтақ металлургия әдісімен дайындалған жоғары жылдамдықтағы болат 1,5-2 есе төзімділігі жоғары болады.

6.10 кестесінде әр түрлі мақсаттардағы кесу аспаптары үшін негізгі болаттар (Ю.А. Геллердің деректері бойынша) көрсетілген.

6.10 кесте. Кескіш құралдарға арналған болат

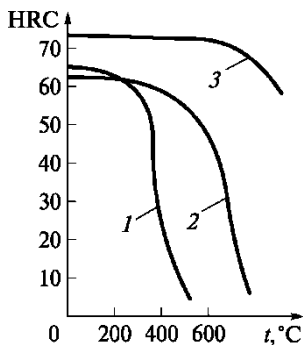
Құралдың түрі	Ұсынылған болат сыныбы
Тұтқырлар мен түйреуіштер: слотқа, планшетке, кесу машиналарына арналған	P18, P12Ф3 P6M5, P12, P9
Сверлов: 260 НВ дейінгі қаттылықтағы металдарды өңдеу үшін қатты металдарға арналған металдардың қаттылығын өңдеу үшін	P6M5, P6M3Ф P12Ф3 P12Ф3, P12Ф4K5
Жиіктер: Бұрандалы құрт: қатты жұмысқа арналған қорытпаны кесу жылдамдығын кесуге арналған	P6M5, P12, P8M3, P18 P6M5, P12Ф3, P12, P8M3 P12Ф4K5, P8M3K6C P12Ф4K5, P8M3K6C, P9M4K8Ф, P12M3Ф2K8
Долбяки	P6M5, P12, P8M3
Созылму диаметрі: 80... 100 мм ден 100 мм дейін	P12, P6M5, P12Ф3, P8M3 ХВСТГ, P6M5
Метчики: машиналы нұсқаулық	P6M5, P18 11ХФ, У11А, У12А
Дөңгелек плашкалар: Қатты металдарды кесу үшін жұмсақ металдарды кесуге арналған	ХВСТГ P6M5, P8M3
Ауыстырылады: машиналы қатты өңдеуге арналған машиналы қорытпалар үшін нұсқаулық	P6M5, P8M3, P12Ф3, P12 P8M3K6C ХВСТГ, P6M5, P8M3
Зенкерлер: қатты металдарды өңдеуге арналған жұмсақ металдарды өңдеуге арналған	P6M5, P12, P8M3 P9M4K8Ф, P8M3K6C
Аралату: сегменттерді дөңгелек араларға және щетка пышақтарына ағаш өңдеуге арналған машиналар мен нұсқаулықтар	P9, P6M5 Х6ВФ, 9ХФ, У10А
Напильниктер: Қатты металдарға арналған жұмсақ металдарға арналған	13Х, Х, У13А P6M5, P8M3
Ағаш өңдеуге арналған бағандар, шиелер, осьтер	7ХФ, У7А

Металл-керамикалық қатты қорытпалар. Металл-керамикалық қатты қорытпалар (ГОСТ 3882-74) металдардың карбидтерден және байламның рөлін атқаратын металл-кобальт цементтен құралған отқа төзімді аспаптық материалдар болып табылады. 6.3 сур. сынақ температурасының әртүрлі құрал материалдарының қаттылығына әсері көрсетілген. Қатты қорытпалар жоғары температураға дейін қызған кезде ең жоғары қаттылыққа ие болады.

Қатты қорытпалар ұнтақ металлургиясымен өндіріледі. Вольфрамның, титанның және танталдың карбидтері, сондай-ақ, ниобий және ванадийдің карбидтері қолданылады. Қорытпа ұнтағы бар карбидтердің агломерациялық ұнтақтары арқылы алынатын байланыстырушы компонент болып табылатын кобальт 1400 ... 1,550 ° С температурасында қосымша тығыздалады. Қатты қорытпалар қарапайым көміртекті болат ұстаушыға мыс жабылуы арқылы пісірілетін плиталар түрінде жасалады. Қатты қорытпалар кескіште, бұрғылау қондырғыларында, кескіште және басқа құралдарда қолданылады.

Металл керамикалық қатты қорытпалардан жасалған құралдар жоғары төзімділікпен (80.97 HRA), жоғары төзімділікпен бірге тозуға төзімділігімен (800.1000 ° С-қа дейін) жетістігі, жоғары сынғыштығы кемшілігі болып табылады. Тез кесетін болаттардың жылдамдылығына қарағанда қатты болаттарды кесу жылдамдығы 5-10 есе жоғары болады. Карбидтік негіздің құрамына қарай қатты қорытпалар үш топқа бөлінеді: вольфрамды, титан вольфрамды және титантанталвольфрамды.

Бірінші топтың қорытпалары вольфрамның карбиді WC және кобальт негізінде жасалады. Осы топтың қорытпалары жалғыз карбидті деп атап, ВК әріптерімен белгілеп, кобальт мазмұнын пайызбен көрсетіледі. Мысалы, ВК3 құрамында 3% кобальт және 97% вольфрамның карбиді бар. Кобальт мазмұны әртүрлі болуы мүмкін (қорытпалар ВК6, ВК8). Кобальт мазмұны неғұрлым жоғары болғанда, қорытпа қаттылығы аздап төмендегенде, беріктігі жоғары болады. Вольфрам тобының қатты қорытпалары аса күшті, бірақ басқа топтардың қорытпаларымен салыстырғанда төменгі қаттылыққа ие, 800 ° С дейін ыстыққа төзімді болып келеді. Олар әдетте шойын, түсті металл қорытпаларын және әр түрлі металл емес материалдарды үзік-үзік тазалайтын шикізаттарды өңдеу үшін қолданылады.



Сурет 6.3. Әртүрлі материалдардың қаттылығын сынақ температурасына тәуелділігі:
1 — көміртекті болат;
2 —тез кесілетін болат;
3 —қатты болат

Екінші топтың қорытпалары (екі карбид) кобальт қышқылында WC және TiC карбидтері негізінде жасалады. Олар Т, К және сандармен белгіленеді. Т әрпінен кейінгі сандар титанның карбидінің мазмұнын пайызбен көрсетеді, ал К әрпінен кейінгі сандар - кобальт мазмұны болып келеді. Мысалы, Т15К6 қорытпасы құрамында 15% титан карбиді, 6% кобальт, қалғаны, яғни 79%, вольфрамның карбиді болып табылады. Вольфрамның карбиді ерітінді температурасында титан карбидінде ерітеді, вольфрам карбидінен гөрі қатты қаттылыққа ие қатты ерітіндіні (Ti, W) C құрайды. Осы топтың қорытпалары титан карбидтерінің құрамының артуымен жоғары (900 ... 1000 ° C) жылу қарсылығына ие болып келеді. Олар негізінен болаттың жылдамдығы жоғары өңдеу үшін қолданылады.

Үшінші топтың қорытпаларын жасау үшін байланыстырғыш ретінде вольфрамның карбиді, титан, тантал және кобальт ұнтағы қолданылады. Бұл қорытпалар ТТ, К және сандарымен белгіленеді. ТТ әріптерінен кейінгі сурет титанның карбидтерінің PS және танталдың жалпы мазмұнын көрсетеді, ал К әрпінен кейінгі сан кобальт құрамына кіреді. Мысалы, ТТ7К12 қорытпасында 4% титан карбиді, 3% тантал карбиді, 12% кобальт және 81% вольфрамның карбиді болады. Бұл қорытпалардың құрамында вольфрамның карбидінің асып кетуінен қатты ерітінді (Ti, Ta, W1) кездеседі. Осы топтың қорытпалары екінші топтың қорытпаларына қарағанда жоғары беріктікке ие және әсерге, дірілге және бояуға жақсы қарсылық білдіреді. Оларды аса қатал кесу жағдайында (болат плиткалар, бұрыштар, құймалар) қолданылады.

Жоғары қаттылықтан басқа, осы қорытпалардың жалпы кемшілігі - олардың бастапқы физикалық және механикалық сипаттамаларын анықтайтын негізгі компонент бастапқы вольфрам шикізатының жетіспеушілігі. Сондықтан, вольфрам емес қатты қорытпаларды пайдалану бағыттары перспективалы болып табылады. Байланыс ретінде - никель мен молибден, ал негізі титан карбиді болып табылатын қорытпалар өзін жақсы жағынан көрсеткен. Мұндай қорытпалар КТС-1 және ТН әріптерімен белгіленеді. КТС-1 және КТС-2 қатты қорытпаларда никель қоспалары 15,17% және 7,9% молибден, қалғандары - титан карбидінен тұрады. ТН-20, ТН-25, ТН-30, сияқты қатты 16,30% мөлшерінде никель байланыстырушы металл ретінде қолданылады. Молибден концентрациясы 5,9% құрайды, қалғандары титан карбиді. Мұндай қатты қорытпалардың қаттылығы 87,94 HRA құрап, қорытпалардың тозуға төзімділігі мен коррозияға төзімділігі жоғары болып келеді. Олар кескіш құрал-саймандарды дайындау үшін және технологиялық жабдықтың бөлшектерін қолдануға арналған.

Арнайы қатайтатын құралдар бор нитридін мен кремний нитридін негізделген. Оларда пластикалық металл қаптамасы жоқ. Мұндай материалдардан жасалған бұйымдар жарылыс немесе жоғары қысым мен жоғары температура жағдайында дайындалады.

Бор нитриді мен кремний өнімдері абразивті материал ретінде 700...1 800 ° C температура аралығында отқа төзімді материалдардың қаттылығын өлшеуге арналған инжекторлар (кеңестер) материалы ретінде қолданылып, абразивтік материал ретінде және жоғары сапалы материалдарды дайындау үшін қатты заты, қатты қорытпалары, шыны талшықты, түсті металдарды өңдеу үшін шикізат ретінде құралдың кескіш бөлшектерін қолданады. Қатты беріктендірілген материалдардың қаттылығы (94.96 HRA), беріктігі, тозуға төзімділігі, жылу өткізгіштігі, физикалық қасиеттер мен құрылыстың жоғары температурасы 1 000 ° C температураға дейін көтеріледі. Олардың артықшылығы - бастапқы өнімнің қол жетімділігі мен арзандығы, сондықтан вольфрамы бар қатты қорытпаларды ауыстыру үшін пайдаланылады.

Тегістеу пасталарын, тегістеу дөңгелектерін жасау үшін, ұнтақтар немесе біріктірілетін абразивті материалдарды пайдаланады немесе икемді субстратты - матамен немесе қағазды қолданады. Абразивтер табиғи және жасанды болады. Табиғи құрамында алмастар, гранаттар, корунд, жасанды алмастар, алтыбұрышты бор нитриді (эльбор), карборунд болады.

Құралды өлшеуге арналған болаттар. Бұл белгілердің болаты жоғары қаттылыққа және тозуға төзімді болуы керек және ұзақ пайдалану мерзімінде пішін мен өлшемнің біркелкілігін сақтайды. Бұдан басқа, термиялық өңдеу кезінде жоғары сапалы тазалық пен төмен деформация алу үшін жақсы жұмыс істеу қажет.

Әдетте У8-У12 жоғары көміртекті болат және төменгі қоспаланған болаттар Х, ХГС, ХВГ, 9ХС, шамамен құрамында 1% көміртек және 1,5% дейін хром болады. Термиялық өңдеуден кейінгі қаттылық кемінде 60,64 HRC болуы керек.

Әдеттегі термиялық өңдеуден кейін әдеттегі жоғары аустенит құрамында жоғары көміртекті болаттар құрылымында кездесіп, оның тұрақсыздығына әкеледі. Құралдың қалыңдығы мен тұрақтылығының жоғары болуын қамтамасыз ету үшін арнайы жылу өңдеу жүргізіледі. Термиялық өңдеу мұнайдан су тотығудан тұрады, әсіресе дәл құралы - ол -80 ° C температурада және 30 ° C температурада 120 ° C температурада қайнату температурасын қосымша суық өңдеуін қамтиды. 170 ° C құралдың қаттылығының және тозуға төзімділігінің төмендеуіне байланысты жоғары температурада қыздыруға жол берілмейді. Ұзақ уақытқа созылған шығарылым құралдың жұмыс істеу кезеңінде мартенситтің қартаюуы мен бұзылуына жол берілмейді.

Үлкен және күрделі геометрияны өлшеу үшін 38Х2МЮА түріндегі нитридті болаттар қолданылады.

6.11. кесте. Штамптауға арналған болаттардың химиялық құрамы

Болат белгісі	Құрамы, %							
	C	Si	Mn	Cr	W	V	Mo	Ni
Суық күйде деформациялау үшін								
X6BΦ	1,05... 1,15	0,15...0,35	0,15...0,4	5,5...6,5	1,1...1,5	0,5 ...0,8	—	—
X12	2...2,2	0,1...0,4	0,15...0,45	11,5...13	—	—	—	—
X12MΦ	1,45... 1,65	0,1...0,4	0,15...0,45	11...12,5	—	0,15...0,3	0,4...0,6	—
X12Φ1	1,25... 1,45	0,15...0,35	0,15...0,4	11...12,5	—	0,7...0,9	—	—
Ыстық күйде деформациялау үшін								
7X3	0,65...0,75	0,15...0,35	0,15...0,4	3,2...3,8	—	—	—	—
5XHM	0,5 ...0,6	0,1...0,4	0,5...0,8	0,5...0,8	—	—	0,15...0,3	1,4... 1,8
4XMΦC	0,37...0,45	0,5...0,8	0,5...0,8	1,5... 1,8	—	0,3 ...0,5	0,9... 1,2	—
3X2B8Φ	0,3 ...0,4	0,15...0,4	0,15...0,4	2,2...2,7	7,5 ...9	0,2...0,5	—	—

Е с к е р т п е . Болаттардың барлық белгілерінде күкірт пен фосфордың құрамы 0,3% -дан аз болуы керек.

Штампты болаттар. Штампты болаттар (МОСТ 5950-2000) суық және ыстық деформацияланған штампты пышақтар, қалыптар, өлшеуіштер, инъекционды құю үшін қалыптар жасауда қолданылады. Металлданған болаттардың кейбір сорттарының химиялық құрамы 6.11 кестеде келтірілген. Пайдаланудың жылу жағдайларына байланысты мөрленген болаттар суық және ыстық жағдайларда деформацияға бөлінеді.

Салқындатқыш штамптарға арналған болаттар. Осы типтегі болаттар жоғары қаттылыққа және тозуға төзімді, соққы жүктемелері кезінде жұмыс істеу үшін жоғары беріктігі мен қанағаттанарлық тұтқырлығына ие болуы керек.

Осы мақсатқа байланысты, суық күйде деформацияға арналған үшбұрышты штампты болаттан ерекшеленеді.

Алғашқы топқа экстракция мен соққыға арналған болаттар кіреді. Осы болаттарға қойылатын негізгі талаптар қаттылық пен тозуға төзімділік. Осы топтың мортаңбаларын жасау үшін У10-У12 және төменгі қоспаланған болаттардың көміртекті болаттарын Х, ХВГ, ХВСГ пайдаланады. Толық емес сөндіруден кейін 150 ... 180 ° С температурасында олар 60 HRC қаттылығы босатылады. Қатты, тозуға төзімді қабат бетінде қалыптасып, ал салыстырмалы қалың ядро қалыпты шок жүктемелеріне мүмкіндік береді.

Хром мөлшері 6,12% артып: Х6ВФ, Х12, Х12М, Х12Ф1 - тозуға төзімділігі жоғары және қатты беріктікке ие болады. Бұл болаттардың жоғары қаттылығы Cr₇C₃ хромдық карбидтерінің көп құрылымында болуына байланысты, карбидтің әртүрлі ұлғаюына әкеледі. Жоғары хромдық болаттардың құрылымы мен қасиеттері көбінесе термиялық өңдеу режимін дұрыс таңдау арқылы, әсіресе сөндіру температурасы арқылы анықталады. Көміртегі мен хлордың аустенитке шоғырлануы көбейгенде, мартенсит қаттылығының ұлғаюына алып келеді. Алайда, тым жоғары температурада сөндіру кезінде құрылымдағы қалдық аустенит мөлшері артып, болатты қаттылық азаяды. Суды төккеннен кейін әдетте 61,63 HRC төменгі шыңырау өнімділігі орындалады.

Жақсы дәлелденген болат Х12Ф4М, Х6Ф4М. Молибден және ванадий, бұл болаттардың құрамына қосымша енгізіліп, ұсақ түйіршікті құрылымды қалыптастыруға үлес қосады. Х12Ф4М болатының тозуға төзімділігі Х12М болаттан жасалған маркалардың тозуға төзімділігіне қарағанда 1,5 - 2 есе жоғарылайды.

Екінші топқа суық сығылу штампты болаттары жоғары қысым көрсетеді. Сондай-ақ, болат деформацияға жақсы қарсы тұруы мен күші жоғары болуы керек. Олардың құрамында қалдық аустенит болуына жол берілмейді. Ол үшін кем дегенде 500 ° С температура кезінде жоғары температура жүргізуге тура келеді. Сондықтан бұл болаттар суық-

деформацияланған маркаларға арналған болаттарға жатса да, олар жоғары температураға төзімді болуы керек (мысалы, болат 6Х4М2ФС).

Үшінші топқа соккы жүктемесі астында жұмыс істейтін пластиналар мен штамптауға арналған болаттар кіреді. Мұндай болаттарды жасаудағы қиындық - бұл қаттылықты арттыру үшін көміртектің мөлшерін ұлғайту қажет, бұл төзімділіктің төмендеуіне әкелуі мүмкін. Әдетте бұл маркалар үшін 7ХЗ болат пайдаланылады. 6ХЗФС болат сынығы жоғары қарсылық көрсетті.

Ыстық деформациялық штамптағы болаттар. Одан да ауыр жағдайларда ыстықтай жұмыс істеуге арналған құралдарды өлтіреді. Материалдардың ыстық металмен байланыстары болып, қыздыру салқындатумен ауысады. Ықтимал форматтау сияқты прогрессивті әдістерді қолданудың тиімділігі, мысалы ыстық көлемді штамптау, басу және инъекциялау, құралдың беріктігіне байланысты болады. Өңделетін қорытпалардың номенклатурасын кеңейте отырып, жабдықтың өнімділігі мен қуаты, құрастыру құралы жүктемені көтереді. Құралдың материалына талаптар үнемі өсіп келеді.

Ыстық қондырғыға арналған материалдар талаптардың жиынтығын қанағаттандыруы керек. Ең алдымен, олардың деформация кезінде жоғары қысымы жоғары температурада сақталуын қамтамасыз ету үшін қажетті жоғары беріктігі (кемінде 1 000 МПа), сонымен қатар ұзақ мерзімді температураның әсерінен жоғары беріктігі мен беріктік қасиеттерін сақтауға мүмкіндік беретін жоғары ыстыққа төзімділігі болуы керек. Шындар торды қалыптастырусыз қайталанатын қыздыру мен салқындатуға қарсы тұру қабілетінің сақталуын қамтамасыз ету кезінде, болаттың соккы жүктемесі жоғары жылудың әлсіздікке төзімділігі кезінде бұзылудың алдын алу үшін жеткілікті тұтқырлығы болуы керек. Ыстықтай штамптауға арналған болаттар қиманың барлық механикалық қасиеттерін қамтамасыз ету үшін жақсы масштабты қарсылыққа және жоғары беріктікке ие болуы керек, бұл әсіресе массивтік өліктер үшін өте маңызды болып табылады.

Ыстық -қалыптастыру штамптары үшін талаптарға сәйкес пайдаланылған болат 0,3 қоспаланған ... 0,6% көміртегі мен қандырып трооститті және троос- титно-сорбитті құрылымын алуға 550,680 ° С температурада шынығуға ұшырайды.

5ХНМ, 5ХНВ, 5ХНТ: балғалы штамптар үшін пайдаланылатын 5ХНМ болат және оның аналогтары пайдаланылады. Температурасын қандырып және бөлме температурасында 550 ° С 5ХНМ болат шынығудан кейін мынадай механикалық қасиеттерге ие болады: $a_b = 1200.1$ 300 МПа; $\delta = 10,12\%$; $KCU = 40$ Дж / см²; 500 ° С дейін қызған кезде: $a_b = 850.900$ МПа; $a_{02} = 600,650$ МПа. 500 ° С жоғары температурада 5ХНМ болатының құрамы күрт төмендейді.

4ХМФС, 5Х2СФ және 4ХСНМЦР болатының автотракторлы қондырғыларында жақсы ұсынылады. Көміртекті және аз қоспаланған болаттарды штамптау үшін 5ХНМ болаттың орнына осы болаттарды енгізу құралды пайдалану мерзімін 2-3 есеге арттыруға мүмкіндік берді. Үлкен өзекті және балға өндіру үшін 2-ден көп есе жоғары қарсылықта, 5Х2НМФС болаты пайдаланылады.

Қазіргі кезде түсті металдар мен қорытпаларды инжекциялау және пресстеуге арналған 3Х2В8Ф болаты пайдаланылды. Оның кемшілігі өндірістің төмен деңгейі болып табылады, сонымен қатар 3Х2В8Ф болаты шок жүктемелеріне сезімтал және қымбат болып, нашар вольфрамның көп мөлшерін қамтиды.

Мыс және алюминий қорытпаларының қысымы бойынша құйма құю қалыптарын өндіру үшін, сондай-ақ мыс қорытпаларын басуға арналған контейнерлердің ішкі бұталарын дайындау үшін 3Х2В8Ф болатының орнына 3Х2М2Ф болаты ұсынылады. 3Х2М2Ф болатты пайдалану құралды пайдалану мерзімін 1,5 - 3 есе ұлғайтуға мүмкіндік берді.

Түсті металлургия зауыттарында 3ХВ4СФ және 4ХСН2МВФ болатының үлкен басу құралдарын өндіру үшін қолданылады.

Технологияны дамыту кезінде штампталған болаттардың (700 - 800 ° С) жұмыс температурасының кеңеюін талап етеді. Кәдімгі ыстыққа төзімді қорытпалар технологиялық болып табылмайды, өйткені олар кесу арқылы нашар өңделеді. Ыстық пішіндеуге арналған ыстықтай құйылған болаттардың негізгі жаңа түрі - жұмыс кезінде реттелетін аустенитикалық айналымы бар болаттар. Мұндай болат мысал жоғары жұмыста тұрақты қызуға төзімді 4Х2Н5М3К5Ф болат аустениттік болаттар мен қорытпалардың ферриті бар болаттарды негізделген технологиялық артықшылықтарын үйлестіруде.

Жоғары температура кезінде қаттылықты арттыру үшін ХТО қолданылады: азоттау, диффузиялық хромдалған қаптау, боринг. Газ фазасынан титан карбидтерінің бетінде қою ерекше жоғары қаттылыққа ие болады.

Бақылау сұрақтары

1. Болаттарды қоспалау қандай мақсатпен жүргізеді?
2. Болаттарды қоспалау үшін көбінесе қандай элементтерді пайдаланады?
3. Болаттарды қоспалау кезінде қалай таңбалайды?
4. Құрылымдық және қоспалау болаттарын таңбалауда қандай ерекшеліктер бар?
5. Болаттардың беріктігін қоспалау элементтеріне қалай әсер етеді?
6. Төзімділігі жоғары құрылыс болаттарының құрамында неше көміртек болады?
7. Цементтелген болаттарға қандай болаттар кіреді?
8. Жақсартылған болаттардан қандай өнімдер дайындайды?
9. Бөлшекті болаттарға қандай талаптар қойылады?

БОЛАТТАР ЖӘНЕ АРНАЙЫ ҚАСИЕТТЕРІ БАР ҚОРЫТПАЛАР

7.1. Коррозия және коррозияға төзімді материалдар

Жалпы ақпарат. Коррозия дегеніміз (лат. corrudere —бұзу, жою) қоршаған ортағы химиялық немесе электрохимиялық әсерлердің әсерінен материалдарды жою.

Көбінде металл материалдардың коррозиясы қарастырылады. Алайда, бұл құбылыс металдар мен қорытпаларда ғана емес, бұл процестер металл емес материалдарда - пластик, керамикада пайда болуы мүмкін. Мұндай коррозиялық әсеріне сұйық химиялық белсенді шлақтың әсерінен балқыту пештерінің тозуы мысалы түрінде бола алады.

Материалдарға Қоршаған ортан қасиеттері мен оның физика-химиялық әсеріне байланысты былай ажыратылады:

Құрғақ газдардың әсерінен, сондай-ақ электролиттер (мұнай, бензин, фенол) болып табылмайтын сұйықтықтардан туындайтын химиялық коррозия;

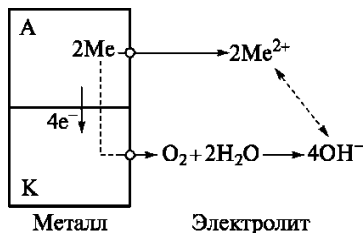
Сұйық электролиттер әсерінен туындаған электрохимиялық коррозия: тұздардың, қышқылдардың, сілтілердің, ылғалды ауаның, жер асты суларының су ерітінділері, яғни иондары бар және электр өткізгіштері бар ерітінділер.

Химиялық коррозия. Химиялық коррозияның ең көп тараған түріне – жоғары температуралардағы оттегі немесе белсенді газ орталарымен өзара әрекеттесу процесіндегі (галогендер, күкірт диоксиді, күкіртті сульфид, күкірт буы, көмірқышқыл газы және т.б.) газды коррозия жатады. Газды коррозия кезінде газ турбиналық пышақтар, реактивті шүмектер, пеш заттары сияқты сыни бөлшектер мен компоненттер бұзылады.

Өнеркәсіптік жағдайларда көбінесе темір массасын құратын темір негізіндегі қорытпалармен металдардың қышқылдануы кездеседі.

Металдарды тотығудан қорғайтын қасиеттері олардың бетінде тұрақты оксидтік пленкалардың пайда болуымен байланысты. Пленкалардың үздіксіздігін қамтамасыз ету үшін тотықтың көлемі V^k металдың көлемінен үлкенірек, яғни: $V^k/V^{\wedge} > 1$ болуы қажет. Олай болмаған жағдайда металды коррозиядан тиімді қорғай алмайтын үзік-үзік пленка алынады. Мұндай пленка тоттануға негізделген қорытпаларды қорғай алмайтын магнийге тән ($V^k/V^{\wedge}_{\text{Fe}} = 0,79$).

Үздіксіздіктен басқа оксидті пленкалар жоғары механикалық қасиеттерге ие жеткілікті мөлшерде қалыңдығы бар жоғары қорғаныштық сипатты қамтамасыз ететін металлмен жақсы байланыста болуы тиіс. Бұл талаптарды құрамында көптеп хромы бар ыстыққа төзімді құймалар мен болаттардың коррозиясына қарсы жоғары тұрақтылық қамтамасыз ететін хром оксидінің Cr_2O_3



Сурет. 7.1. Электрохимия схемасы
коррозия процесі:

A - анод;

K - катодты

Электрохимиялық коррозия.

Металдардың ең көп таралған түрі – электрохимиялық коррозия. Әртүрлі

электродты (электрохимиялық) потенциалдарға ие, ырақ бірдеи электролитте болатын екі металды немесе сол металдың екі фазалық компоненттерінің электр байланысынан гальваникалық элемент түзіледі. Металлдардың немесе жеке фазалардың мінез-құлқы олардың электродтық потенциалының құнына байланысты. Теріс электроды әлеуеті (анод) бар металл немесе фаза ерітіндіге оң зарядталған иондар береді және ериді (сур 7.1). Ерекше электродтар жоғары электродтық потенциалы (катодты) бар металл немесе фазаға түседі. Бұл жағдайда катод төмендетілмейді, одан электрондар сыртқы ортаға шығарылады. Металлдың немесе фазаның электродтық әлеуеті нөлдік деңгейде қабылданған стандартты сутегі потенциалына қатысты неғұрлым төмен болған сайын, металл немесе фаза ерітіндіге иондары оңайырақ түседі және коррозияға төзімділігі азаяды.

Кейбір металдардың электродтық потенциалы E^0 төменде берілген:

Элемент ..	Mg	Al	Mn	Zn	Cr	Fe	Co	Ni
E_0, B	-2,36	-1,66	-1,18	-0,76	-0,74	-0,44	-0,28	-0,25
Элемент ..	Sn	Pb	H	Cu	Hg	Ag	Au	
E_0, B	-0,14	-0,13	0	+0,34	+0,79	+0,8	+1,5	

1 Сутегі потенциалы 1 моль / л сутегі иондарының концентрациясымен тұз қышқылының ерітіндісіне батырылған және сутегі газымен реттелетін платина сымының сутектік электродтың көмегімен өлшенуі мүмкін.

Егер кернеу 1,1 В жоғары болса, анод және катодты алмастырады, бұл мыстың ерітіндісіне және металл мырыштың төмендеуіне әкеліп соқтырады. Жоғарыда келтірілген сызбада гальваникалық будың жұмысы металдар мен қорытпалардың электрохимиялық коррозиясы негізінде жатыр. Электролит құрамында қорытпалық құрылымда бар әртүрлі фазалық компоненттер әртүрлі шамалардың және белгінің электродтық потенциалдарын алады.

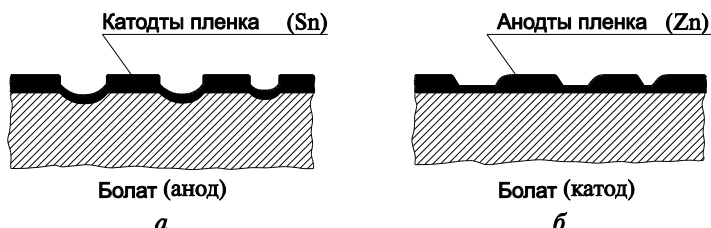
Жеке фазалық құрамдардың электродтық потенциалдарындағы айырмашылық неғұрлым көп болса, коррозия процесі және қорытпаның коррозиялық бұзылуы неғұрлым белсенді болады. Металл бетінің электрохимиялық әртүрлілігі тоттанудың себебі болып табылады.

Біртекті қатты ерітінді құрылымды қорытпалар коррозияға төзімді болып табылады. Алайда жекелеген нокаттардағы қалдық кернеулер мен басқа да факторлардағы айырмашылықтары біртекті құрылымдар жағдайында тіпті тотығу кеуектілігінің болуына байланысты анод аймақтарының пайда болуынан коррозия пайда болуы мүмкін. Әсіресе күшті электрохимиялық коррозия әртүрлі потенциалдары бар әртүрлі материалдарды құру кезіндегі байланыста дамиды (мысалы, мыс байланысы бар болат бөлшектердің коррозиясы немесе болатпен байланыста болған магний қорытпалары).

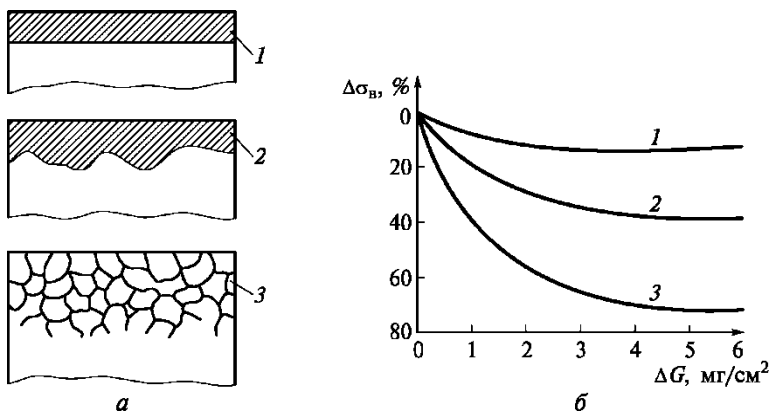
Біреуі қалайы, екіншісі мырышпен жабылған екі болат пластина суреттеме болуы мүмкін. (сур. 7.2)

(сур) Бұл пленкаларды бұзу электродтық потенциалдардың айырмашылығына байланысты қалайы бар пластинадағы темір анодқа, ал пластинкадағы мырыш катодқа айналады. Мұнымен құрылыс қалайының, үй шелегінің, мырышталған корпус парақтарының және т.с.с. ұзақ мерзімділігі түсіндіріледі. Электрохимиялық коррозияның негізгі сорттарының схемасы сур. 7.3 көрсетілген.

Бір фазалық материалға, мысалы таза металға немесе біртекті қатты ерітіндіге қатысты жағдайда, жалпы немесе біртекті тоттану деп аталатын коррозия бөліктің бүкіл бетіне біркелкі таралады. (сур. 7.3) Құрылымды гомогенизациялауға негізделген өңдеу электрохимиялық коррозияға қарсы қорытпаның неғұрлым төзімділігін қамтамасыз етеді. Хромдиникельдің коррозияға төзімді болаттың қатаюы немесе ерітіндіге байланысты біркелкі құрылымды құйғаннанға ие қалайы қола жырту осындай өңдеуге мысал бола алады.



Сурет 7.2 Катодтық (а) және анодтық (б) қорғаныш жабындардың коррозиялық сұлбасы



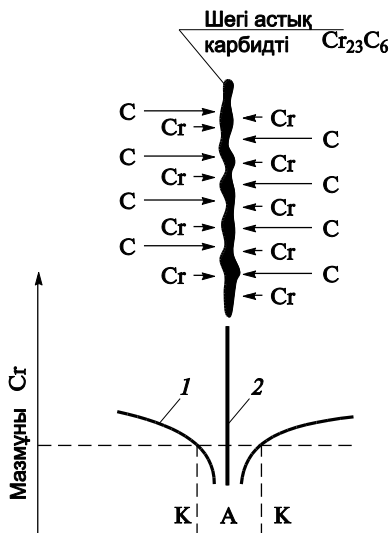
Сурет. 7.3 Электрохимиялық коррозияның негізгі түрлері (а) және олардың түрлері параллель дуралиннің беріктігіне салыстырмалы әсері (б):

1 - біртектес коррозия; 2 - жергілікті коррозия; 3 – кристалды аралық коррозия; DG - дуралиннің массасын жоғалту.

Керісінше, ерітіндінің қызып кетуіне әкеліп соқтыратын қатты ерітіндінің ерітіндісінің қызуы және екінші фазаның бөлшектерінің бөлінуі коррозияға төзімділікті азайтады.

Микроқұрылымның жеке компоненттерінің әлеуетті айырмашылығы электрохимиялық коррозияға ықпал етеді. Олардың бетіндегі жеке анодтық аймақтарын электродтық әлеуеттің төменгі мәнімен қамту арқылы біркелкі емес металдарда тоттану жергілікті сипатқа болады. (сур. 7.3 б). Жергілікті коррозияға шұңқыр немесе бұрғылау коррозиясы, анық және жарқыраған оның түрлері жатады. Жергілікті коррозияның ошақтары ретінде кернеулер концентраторлары болып табылады.

Анодтық учаскелер ретінде нокат және фазалық шекаралар болуы мүмкін, ал нокаттар өздері катодты болып табылады. Бұл жағдайда коррозияның ең қауіпті түрі дамиды - беткі қабаттың коррозиясы, ол жер бетінен дерлік сезілмейді.



Сурет 7.4. Жоғары хромдық болаттан жасалған гранулярлық коррозияны қалыптастыру сұлбасы (көрсеткілер хром мен көміртектің диффузия аймақтарын көрсетеді) (сур. 7.4).

1 - шекаралық аймақта хром үлестіру; 2 - нокат шекарасы; А - анодтық аймақ; К - катодтық аймақ

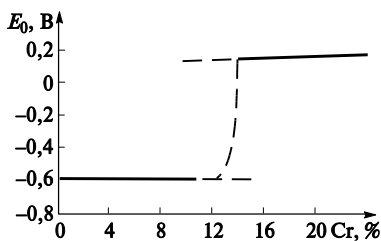
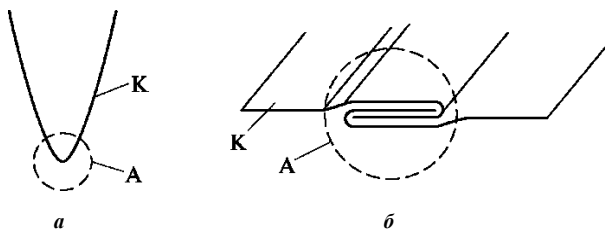


Рис. 7.5. Болаттың E_0 электрохимиялық потенциал өзгерісіне құрамындағы хормның әсері

Кристаларалық коррозия нәтижесінде ноқаттардың арасындағы байланыс бұзылады, металды ұрған кезде металға тән дыбыс жоғалады және жүктемені қолданудан кейін метал оңай бұзылады. $Cr23C6$ тәрізді карбидтік ноқаттардың шырышты коррозиясы. Мұндай карбидтер ноқаттың барлық көлеміндегі көміртегі диффузиясының нәтижесінде, ал хром тек шекаралас аймақтардан бөлінуінің нәтижесінде пайда болады (7.4-сурет).

Көміртек диффузия механизмінің бойымен (жүзеге асыру механизмі) атомдардың орын ауыстыру механизмімен салыстырғанда жоғары ұтқырлықпен қозғалады. Бұл шекаралас аймақтардағы хром құрамының 12-14% -дан төмен сыни концентрациядан төмендеуіне және электродтық әлеуетінің +0,2 -0,6 В-ға дейін күрт төмендеуіне әкеледі (7.5-сурет). Ноқат ішіндегі металға қатысты ноқаттың шекаралары анодқа айналады. Кристаларалық коррозияны басудың тиімді құралына хромға қарағанда титан немесе ниобий тәрізді көміртегі үшін жақындығы бар көміртегінің құрамын барынша азайтатын және осындай қатты карбид жасайтын элементтердің болатқа енуі жатады. Бір мезгілде коррозиялы орта мен жүктемелердің немесе қалдық кернеулердің әрекетінен коррозия күйзеліске ұшырайды немесе коррозия крекингі немесе сызаттар торы ретінде көрінеді. Кернеулер шоғырландыру орындары төмендетілген электродтық әлеуетке және анодтық аймақтар сипатына ие болады. Өмірлік жағдайлардағы автокөліктердің зақымдалған жерлерінде, сондай-ақ деформация жерлерінде коррозия өнімдері жиірек кездеседі (7.6 суретте сызықпен сызылып көрсетілген).



Сурет. 7.6. Деформация нәтижесінде пайда болатын коррозиялық булар:

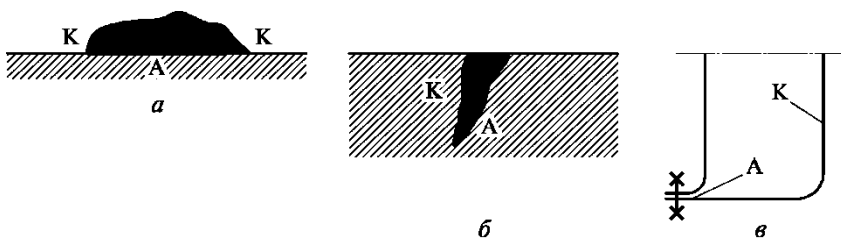
а - икемді шыбык; б - парактарды біріктіру; А - анод; К - катодты

Жоғары қалдықты кернеулер дәнекерленген қосылыстардың, дәнекерленген аймақтың, бұрандалы, тойтармалар мен басқа да байланыстардың жедел тоттануын тудырады.

Сұйықтықтағы ерітілген оттегі су ортасындағы коррозия процесіне жоғары әсер етеді. Беткі қабатында оттегі құрамы жеткілікті болған жағдайда металлдың электродтық әлеуетін арттыратын қорғағыш оксид пленкасы пайда болады. Ең қауіпті анодты зоналар ауадағы оттегіге жол бермейтін қиын азрация орындарында жасалады. Болат плитасының құм қабаты астындағы бөлігі атмосфераның тікелей әсер ететін бөлігіне қарағанда көп мөлшерде бұзылады. Ескі ағаш конструкциялардағы болат шегелер сыртта орналасқан бастарына қарағанда тезірек жойылады. Осындай құбылыс жабық профильдердің бос орындарында, парақтардың бірігуінде, бұрандалы қосылыстарда, кірленген бетінде және т.б. байқалады. 7.1 кестеде коррозия жұптарының кейбір топтары және осындай жағдайлардың мысалдары 7.7 суретте көрсетілген.

Ішкі кернеулер өздігінен коррозияның пайда болуына себепкер емес. Коррозияны күшейту арқылы олар анод процесінің басталуына себепкер болады. Материалдың ішкі құрылымының біртекті болмауы коррозияның пайда болуына ықпал етеді. Коррозиялық құбылыстар құрылымдағы анодтық кернеу әсер еткен кезде күшейеді.

Атмосфераның құрамы қорытпалардың коррозиясына да әсер етеді. Ауылдық жерлерге қарағанда қалалардағы ауаның өнеркәсіптік газдармен ластануымен коррозия әлдеқайда күшті болады. Болат бөлшектеріне әсіресе күкірт диоксиді SO_2 , сутек сульфидті H_2S , хлор Cl_2 және хлорлысутек HCl зиянды болып табылады (алюминий мен магний қорытпалары үшін де қауіпті). Мыс қорытпалары үшін аммиак NH_3 атмосферасындағы коррозияның жоғарылығы тән.



Сурет 7.7 Болат парақтың бетінің ластануынан қалыптасқан коррозиялық булар(А), (b) сызығының аузында, жабық профильдің саңылауында (с):

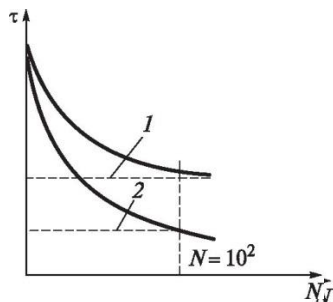
А — анод; К — катод

7.1 Кесте Коррозиялық буларға мысалдар

Коррозиялық булар топтары	Коррозиялық булар	Анод	Катод
Екі түрлі материалдың коррозиялық жұптары	Fe — Zn	Zn	Fe
	Fe — Sn	Fe	Sn
	Fe — H ₂	Fe	H ₂
	Cu — H ₂	H ₂	Cu
	Перлит	Феррит	Цементит
	Cu—Al	Al	Cu
Құрылымдық немесе кернеулік коррозиялық булар	Нока́т шекаралары	Ішкі энергияның үлкен көлемі бар аймақ	Ішкі энергияның кіші Көлемі бар аймақ
		Нока́т шекаралары	Нока́т денесі
	Ұсақ және ірі нока́ттар	Ұсақ нока́ттар	Ірі нока́ттар
	Құрылым ақаулары	Ақаулар	Ақаусыз құрылымдар
	Деформацияланған бөлшектер	Деформация шекарасы	Деформацияланбаған шекара
	Тығыздалған бұрандалы, сығылған, дәнекерленген байланыстар	Кернеулік шекаралар	Кернеуден босатылған немесе аз керенулі шекаралар
Концентрациялы коррозиялық булар	Электролиттің түрлі концентрациясы	Аз реагент концентрациясының шекаралары	Көп реагент концентрациясының шекаралары
		Аз концентрациялы электролит	Көп концентрациялы электролит
	Оттегінің әртүрлі концентрациясы (ауаға қол жеткізу)	Оттегінің аз концентрациясы — ауаға қол жеткізу қиындатылған	Оттегінің көп концентрациясы Ауаға қол жеткізу жеңілдетілген
	Ластанған беті	Ластанған немесе Қышқылданаған аймақ	Таза бетінің аудандары

Атмосфералар коррозиялық агрессивтілігін арттыруына қарай келесі қатарға орналасқан: құрғақ құрлықтық, теңіз таза, теңіз өнеркәсібі, өнеркәсіптік, жоғары ластанған өнеркәсіптік.

Коррозиялық шаршағыштық дегеніміз—ол коррозиялы белсенді орта мен ауыспалы кернеулер әсерінен зақымдалған материалдың біртіндеп жинақталу процесі. Шаршау жарықтарының қалыптасуы мен дамуы осы жарықтарға коррозиялық ортаның енуі арқылы жүріп жойылуына көмектеседі. Бұзылудың мұндай түріне темірдің, алюминийдің, титанның, мысның және басқа металдардың негізіндегі кез-келген құрылыс материалдары ұшырайды. Коррозиялық-шаршау ақауларының ерекше қаупі ауа, газдар, дымқыл қозғалтқыш майлары және т.б. әлсіз коррозиялық сияқты кез келген ортада өтуі мүмкін. Сондықтан да металдар мен қорытпалардың коррозиялық әлсіздігі технологиялардың барлық салаларында, әсіресе энергетика, мұнай және газ, тау-кен, теңіз, жер жән



Сур. 7.8. Шаршау диаграммасы:
1 - шаршау шегі (шынайы);
2 - коррозияның шаршау шегі
(ауыспалы жүктеме циклдерінің шартты саны бойынша 10^7)

Коррозиялық шаршағыш жүктемесі кезінде кернеулер әлдеқайда төмен болуы мүмкін (сур. 7.8). Бұл жағдайда қисық коррозиялық шаршағыштық сызығы абсцисс осіне жылжып, ал шаршау шегінің мәнді көлемі нөлдік мәнге қарай жақындайды. Коррозиядан жеткілікті түрде қорғалмаған металдардың ең төменгі кернеулерде немесе олардың болмаған жағдайында бұзылатындығымен түсіндіріледі. Шаршағыш жарықшалардың біртіндеп өсуі, бір жағынан кернеу концентрациясымен бірге электродтық әлеуеттің төменгі мәніне, ал екінші жағынан айнымалы жүктеме кезіндегі сыну аузында қорғағыш оксид пленкасын аздап жойылуына байланысты негізделген болатын.

Коррозиялық төзімділікті бағалау. Берілген шарттарда металдың коррозиялық төзімділігі мен коррозия көрсеткіштерін бағалау анықталады. Бұл жағдайда металдың химиялық құрамы мен құрылымына тәуелділігін, құрамын, температурасын, механикалық кернеулердің түрі мен шамасы, гидро- және аэродинамикалық жағдайларын, сонымен қатар өнімді жобалау мен құрастыруын ескереді. (МОСТ 9.908—85). Коррозияға төзімділік көрсеткіштері (7.2-кесте) көп жағдайда жабдықтар мен бұйымдардың, құрылымдардың өмірі мен ұзақ мерзімділігін анықтайды.

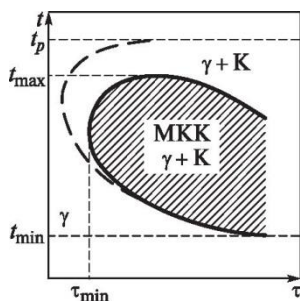
Кристаллаларлық коррозияға арналған сынақтар МОСТ 6032-2003 сәйкес жүргізіледі. Коррозияға төзімді материалдардың кристаллаларлық коррозияланыуының негізгі себебіне нокаттың мөлшері мен шекаралас аудандар арасындағы электрохимиялық біртектілігі алып келетін қысымды өңдеу немесе дәнекерлеу кезіндегі қызып кетуі жатады.

7.2-кесте. Коррозия мен коррозиялық төзімділіктің негізгі сандық көрсеткіштері

Коррозия түрі	Коррозиялық әсер (коррозия көрсеткіші)	Коррозияның жылдамдық көрсеткіші	Коррозияның төзімділік көрсеткіші
Тұрақты коррозия	Коррозияның ену тереңдігі Бірлік ауданындағы салмақ жоғалуы	Коррозияның сызықтық жылдамдығы С а л м а қ ж о ғ а л т у ж ы л д а м д ы ғы	Рұқсат етілген (берілген) тереңдікке коррозияның ену уақыты * Массасы рұқсат етілген (берілген) мәнмен азайту уақыты *
Коррозия дақтары	Бетінің зақымдану дәрежесі Шұңқырдың максималды тереңдігі		Қолайлы (тағайындалған)жарақат дәрежесіне жету уақыты * Рұқсат етілген (алдын ала орнатылған) тереңдіктің ең аз ену уақыты *
Пияз коррозиясы	Шұңқыр аузындағы диаметрінің ең үлкен мөлшері Шұңқыр бетіне зақымданған дәрежесі	Шұңқырдың максималды ену жылдамдығы	Шұңқыр аузындағы диаметрінің рұқсат етілген мөлшеріне жетудің ең аз уақыты * Зақымданудың қолайлы (белгіленген) деңгейіне жету уақыты*
Кристаллар алық коррозия	Коррозияның ену тереңдігі Механикалық қасиеттерінің азайуы (δ , ψ , KCU , cm_a)	Коррозияның ену жылдамдығы	Рұқсат етілген (алдын ала орнатылған) тереңдікке ену уақыты* Механикалық қасиеттерді рұқсат етілген деңгейге дейін қысқарту уақыты*
Коррози- ялық жарықтар	Жарықтың (ұзындығы) тереңдігі	Жарықтың өсу жылдамдығы	Бірінші жарылғанға дейінгі пайда болу уақыты **

Коррозия түрі	Коррозиялық әсер (коррозия көрсеткіші)	Коррозияның жылдамдық көрсеткіші	Коррозиялық төзімділіктің көрсеткіші
	Механикалық қасиеттердің төмендеуі (салыстырмалы ұзаруы, тарылуы)		Қателікті іріктеу уақыты* ** Қауіпсіз кернеулер деңгейі** (условный предел длительной коррозиялық төзімділіктің шартты шектеуі**) Күйзеліске қарсы коррозия жағдайындағы кернеу қарқындылығының коэффициенті**
Коррозияның әлсіздігі	Жарықтардың (ұзындығы) тереңдігі	Жарықтың өсу жылдамдығы	Сынақ сәтіне дейін циклдардың саны ** Коррозиялық әлсіздіктің шартты шектеуі ** Коррозиялық әлсіздіктегі шекті кернеудің қарқындылық коэффициенті **
Сызғыш коррозия	Бөлінген бетіндегі зақымдану дәрежесі Жарықтар соңының жалпы ұзындығы Коррозияның ену тереңдігі	Коррозияның ену жылдамдығы	

*Көрсеткіштер графикалық түрде интегралды коррозия көрсеткіштерінің уақытына тәуелділігін анықтайды.



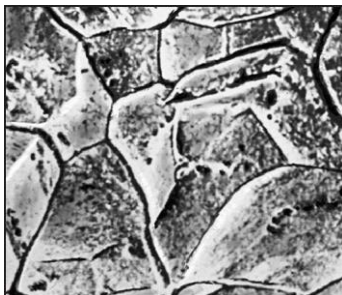
Сурет 7.9. Коррозияға төзімді аустениталды болаттан жасалған ноқат шекараларының хроммен сарқылуына байланысты өзара кристаларалық коррозияға (МКК) бейімділік температурасының аймағы:

К — карбидтер; t_F — карбидтердің еріту температурасы; g — аустенит

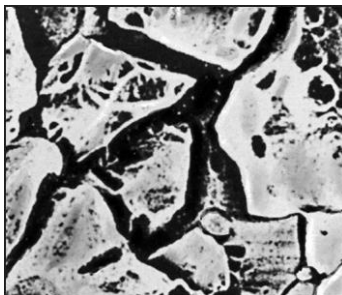
Хром карбидтерінің коррозияға төзімді болаттарының ноқат шекаралары бойымен бөлінетін уақытша температуралық аймағы сур. 7.9. Бұл ішкі аймақта кристалларалық коррозияға сезімталдығы жоғары сезімталдандыру аймағы орналасқан. Кристалларалық коррозия қабілеттілігі сезімталдардыру үрдісі аз уақыт τ_{min} ішінде температуралық интервалдың t_{max} — t_{min} көрінісі барысында байқалады.

Кристалларалық коррозияға арналған сынақтарда хромды болат 30 сағат бойы 1100°C температурада, ал 60 сағат ішінде 700°C температурасында хром-никель аустенитикалық қыздыруға ұшырайды. Күкірт немесе азот қышқылының қайнаған су ерітіндісінде жылытудан кейін үлгілер ұзақ уақыт ұсталады. Коррозиялық орта түріне және төзімділік ұзақтығына тәуелділігі болаттың нақты түріне және оның мақсатына байланысты болады.

Үлгілерді кристалларалық коррозияға қабілеттілігін бақылау үшін металлографиялық сараптамада және арнайы реактивтермен қаптайды немесе 90° бұрыш майллылықта бүктейді.



а



б

Сурет. 7.10. 500 есе артақан 1050°C температурадан су мен температура 700°C температурада қатқан 08X18N10 болатының микроқұрылымы:

а - 25% HNO_3 + 40 г / л Cr_6 + ерітіндісінде сыналған кристалларалық коррозияуақыт 200 сағ;
б - 65% HNO_3 + Cr_6 + қайнатылған ерітіндіде

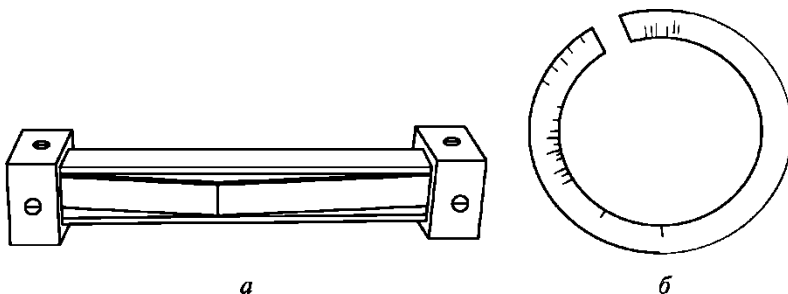
Сынаманың бетіндегі сызаттардың жоқтығы оның коррозияға төзімділігін көрсетеді. Өртүрлі орталарда кристаллалық коррозияға сынақтан өткеннен кейінгі 08X18H10 болатының микроқұрылымы 7.10 сур. көрсетілген.

Коррозияның сынуына сынақ бөліктің жұмыс істеу шарттарына сәйкес коррозиялық ортада үлгі жүктелгенде жүргізіледі. Орта түсірілмеген металл сынамаларына әсер етпей және жалпы коррозияны тудырмауы керек. Хром-никель аустенитикалық болаттар ортасы үшін $MgCl_2$, $NaCl$ және $NaNO_3$ қайнаған тұздар қоспасының ерітіндісі мысал бола алады. Агрессивті орта сынақ жүргізілген материалдардан кем болмауы керек.

Коррозияға қарсы сынақты материалдың бұзылуын шақыратын (созылу сынақтары, сыну төзімділігі және әлсіреу) немесе бірінші жарықтар пайда болу уақытын анықтауға мүмкіндік беретін жағдайларда жүзеге асыруға болады. Сынақтың соңғы түрі арнайы құрылғыларда жүктелген үлгілерді белгілеу немесе сынған сақинадағы шиеленісті жасау болып табылады (7.11-сурет). Жарықтар пайда болғанға дейінгі кезең коррозиялық жарықтарға қарсы материалдардың төзімділігімен сипатталады.

Пластмалардың коррозияға төзімділігін бағалау үшін қоршаған орта әсерінен механикалық көсеткіштерінің өзгеруіне ұшыраған үш нүктелі шкала кезінде қолданылады (7.3-кесте)

Коррозиядан қорғау әдістері. Электрохимиялық коррозия процестерінің алуан түрлілігі және оның көріністері осы құбылысқа қарсы қорғанудың кең ауқымына әкелді. Өнімнің құрылымына көбіне байланысты болады. Жобалаушы-конструктор алдымен анодты аймақтардың әсерін барынша азайту және пайдалану кезінде осындай учаскелердің пайда болуы үшін жобаны жобалап коррозиядан, рационалды түрде таңдалған материалдардан қорғауды қамтамасыз етуі керек.



Сурет 7.11. коррозиялық сызықтар қалыптасқанға дейінгі уақытын анықтау үшін қысқыш (а) пен сақинадағы (б) коррозиялық жарықтарға сынақ

Кесте 7.3. Пластмассадағы химиялық төзімділікті бағалауға арналған үш нүктелі жүйе

Пластмассаның түрі	Төзімділікті бағалау	Көрсеткіштің өзгеруі, %
Термопласттар	Жақсы	От 0 ден 10 дейін
	Қанағаттанарлық	10 ден 15 дейін
	Жаман	15 дейін
Реактопласттар	Жақсы	От 0 ден 15 дейін
	Қанағаттанарлық	15 ден 25 дейін
	Жаман	25 дейін

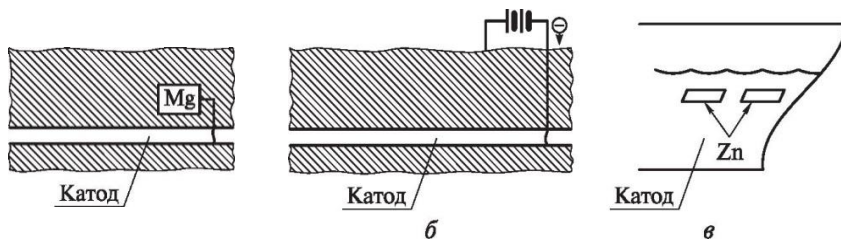
Коррозиядан қорғау әдістерін келесі топтарға біріктіруге болады:

- пленкалар мен қорғаныш жабындарын қолдану;
- фазалық шекарадағы ортаға қатысты қорғалған материалдың электрохимиялық әлеуетін өзгерту;
- коррозиялы ортаны модификациялау.

Қорғаныш жабындарды пайдаланатын коррозияға қарсы күрес - бұл кең таралған әдіс болып табылады. Оның тиімділігі лайықты қаптаманы таңдаудан ғана емес, материал бетінің өңделуіне де тәуелді болады. Материалдың беті органикалық ластаушылардан (май мен майлаудан) тот, масштабтан және т.б. тазалануы керек. Осыған байланысты бетін щеткалау немесе ату-жару арқылы жуу, тегістеу, механикалық тазалап жылтырату мен майсыздандыру сияқты дайындықтан тұрады. металл таза беткі қабатын сол сияқты қышқыл ерітінділердегі химиялық немесе электролиттік шөгінділерден алынады.

Қорғаныш ретінде металл және металл емес қаптамалар пайдаланылады. Металл жабындары жақсы металлдан жасалған болуы мүмкін. Осыған байланысты олар екі топқа бөлінеді: катодты және анодты жабын.

Катодтық жабындарға қорғалған металдан гөрі осындай жағдайлардағы электрохимиялық потенциалы үлкенірек жабындылар жатады. Алюминийді әрдайым катодтық жабындармен жабады. Болаттағы қымбат металдардың жабындары да осындай сипатта болып келеді. Катодтық қаптамалар металлды қоршаған ортадан оқшаулаумен ғана қорғайды. Сондықтан олар өздерінің ролін тек толық үздіксіздік болған жағдайда ғана атқарады



Сурет. 7.12. Болаттан жасалған катодты қорғаныштың мысалдары:

а - катодты болат, анод - Zn немесе Mg; б - тікелей ток көзіне қосылу арқылы қорғау; в - кеме корпусының қорғаушысы.

Егер катодты жабындылар кезінде алшақтық пайда болса, онда коррозия жағдайында ол катодқа айналады, қорғалған металдың ашық бөлігі анод болып қалады. Анод беті катодты бетке қарағанда әлдеқайда аз. Металлдың электрохимиялық жойылуы кішкене бетінде бағытталады. Катодты қаптамаларда мүмкін болатын үзілістердің қауіптілігін ескере отырып, олардың қалыңдығы салыстырмалы түрде үлкен етіп жасайды. Сәйкесінше, бұл іркіліс түрі сур. 7.12, а көрсетілген.

Анодтық қаптамалар — бұл қорғалған металлға қарағанда электродтың әлеуеті кем металлдан жасалған қаптамалар. Төмен қышқылдық немесе бейтарап ерітінділерде жұмыс істейтін темір үшін анодтық жабындар мырыш, алюминий болып табылады. Анодтық қаптамалардың қорғаныштық қасиеттері металды коррозиялық ортадан механикалық оқшаулауда ғана емес, сондай-ақ электрохимиялық әсерде де тұрады. Катод болып табылатын коррозиялы элементі қалыптасқан және қаптаманы бұзу жағдайындағы қорғалатын металл бұзылмайды. Анодтық жабындардағы шағын үзіліктер қауіпті емес (7.12, б-сурет).

Металл жабындарын электродтаумен, балқытылған металдармен сіңіру арқылы, шашырау арқылы металдандыру, тұздардың химиялық жауын-шашын, диффузия және т.б. арқылы қолданылады. Соңғы уақытта қорғаныс бетіндегі вакуумдағы булардың конденсациясынан металдардың булануы, яғни вакуумдағы қаптамаларының қолдануы кеңінен таралған. Осындай тәсілмен вакуумда болат бөлшектерін алюминий, кадмий және мырыштаумен өндіреді.

Металл емес жабындарды тиісті ортадағы металдың химиялық реакциясы туындаған кезде қолданылады. Оған атап айтқанда, арнайы электролиттік процесте алынған алюминий оксидінің қаптамалары жатады. Фосфат жабындарын көбінесе бояулар, лактар және т.б. сияқты қосымша қорғаныс құралдарымен қолданылады. Болаттың фосфатизациялануы мырыш немесе магнийдің қышқылдық фосфаттары мен фосфор қышқылының сұйылтылған ерітіндісінде өнімнің батырылуынан тұрады.

Реакцияның нәтижесінде металл бетіне тығыз жабатын темірдің ерімейтін фосфаты құрылады. Осы топқа керамикалық жабындар мен шыныдан жасалған эмальдар кіреді. Мұндай жабындар минералды және органикалық қышқылдардың әсеріне айтарлықтай төзімді болып келеді. Олардың кемшілігіне температураның күрт өзгеруі жағдайында нәзік төменгі төзімділік пен нәзіктік жоғарылауы жатады.

Органикалық жабындарға лак пен бояу материалдарының әртүрлі түрлері жатады.

Коррозия механизмін білу термодинамикалық тұрақтылыққа айналған металл әлеуетіне әсер ету жолымен коррозиялық қорғау әдістерін жасауға мүмкіндік берді. Мұндай әдістерге металл құрылымының айналасындағы ортаның агрессивтілігін төмендету мен катодтық қорғаныс жатады.

Катодтық қорғаныс электрохимиялық потенциалы неғұрлым теріс қорғалатын протекторлық анодты құрылымға қосылудан тұрады (7.12-сурет, с). Қорғағыш (латын *PROTECTOR* - қорғаушы) және қорғалған қорытпаның бұзылуына жол бермейтін анод сияқты қызмет етеді; өздігінен протектор коррозия кезінде бірте-бірте жойылады.

Қорғаушы ретінде осы қорытпаға қатысты теріс әлеуетке ие кез-келген металл болуы мүмкін. Дегенмен электрохимиялық үдерісте қорғаушы тез бұзылып, потенциалдардың айырмашылығы тым үлкен болмауы керек.

Қорғаныштар, әдетте, қорғалған бөліктерге тігістермен немесе болттармен бекітілген шағын тақталар түрінде болады. Катодтық немесе қорғаныш қорғанысы металл құрылымдарын, байланыс құралдарын, құбырларды, кемелерді және т.б. теңізден және жер асты коррозиядан қорғау үшін кеңінен қолданылады. Әдетте қорғаныш анодтары ретінде магний немесе мырыш қорытпаларын металл бұйымдарын қорғауда қолданады. Сондай ақ қорғаныс тұрақты токтың теріс полюсіне қорғалған металды қосу арқылы жүзеге асырылуы мүмкін.

Қоршаған ортаның агрессивтілігін төмендету үшін оған тотығу ингибиторлары деп аталатын қоспа енгізіледі, бұл металлды пассивациялауға ықпал етеді немесе металдардың коррозия жылдамдығын едәуір азайтады. Ингибиторларды қолданудың шартына - өнімнің тұрақты құрамы жабық ортада жұмыс жасауы жатады.

Анодты және катодты ингибиторлар болып ерекшеленеді. Коррозияның анодты ингибиторлары ретінде анодтық учаскелерде ерімейтін қосылыстарды құрайтын заттар қолданылады. Осындай пассиваторлардың бірі ретінде салқындату ерітіндісіне 2...3 г / л мөлшерінде енгізілген хром қабықтары $K_2Cr_2O_7$ болып табылады.

Катодты ингибиторлар катодтық процесті тежейді. Олардың қатарына негізді металды бұзбай масштабы жою үшін қышқылдарда 1...2% мөлшерінде қосылатын түрлі мармелеу қоспалары кіреді.

Натрий нитраты NaNO_2 сияқты ұшпа ингибиторлары сақталуға жататын немесе тасымалданатын бөлшектерді орауға пайдаланылатын қағазды сіндіру үшін қолданады. Булану арқылы қорғаныш газды ортасын құрып олар қоршаған кеңістікті қанықтырады. Ұшпа ингибиторлар жоғарғы тиімділігімен ерекшеленеді. 85% салыстырмалы ылғалдылық жағдайында NaNO_2 арқылы өңделіп қағазға оралған болат өнімдері 5 жыл бойы тот баспайды.

Ұшпа ингибиторларының қорғаныш жабындарды пайдаланудан бас тартып, қосымша өңдеуді қажет етпей үнемі дайын бөлшектерді бірден және ыңғайлы пайдаландығы оның артықшылығы болып табылады.

Коррозияға төзімді болаттар. Пассивация құбылысы коррозиядан қорғауда кеңінен қолданылады. Пассивтілік – бұл анодты процестердің жеңілтетілген тежелуін шақыратын металдар мен қорытпалардың коррозияға төзімділігін жоғарылату жағдайы. Пассивті күй материалдың бетін біркелкі жабатын жұқа, берік және үздіксіз тотықты пленкалар қалыптасқанда пайда болады.

Активті күйден пассивті күйге электродтық потенциалды жоғарылауына байланысты көшеді.

Коррозияға қарсы төзімділік хром, алюминий және кремнийді болат құрамына енгізу арқылы артады. Бұл элементтер үздіксіз күшті оксидтік пленканы құрап, электродтық потенциалды жоғарылатады, яғни болаттың электропозитивтілігін арттырады. Алюминий мен кремний болатты қаттылығын арттырады және хромға қарағанда жиірек пайдаланылады. Густав Генрих Тамманн болаттағы хромның молярлық мазмұны $1/8$ құрап немесе осы мәннен көп болуы керек деп ұсынды. Темірі бар қорытпалардағы хром үшін 11,7% (салмағы бойынша) сәйкес болуы керек. 7.5 суретте құрамында 12% -дан астам хром болатын болат электродты потенциалды электр-терісінен (-0,6 В) электронға дейін (+ 0,2 В) айтарлықтай өзгертіндігі көрсетілген. Бетінде Cr_2O_3 хром оксидінің тығыз қорғаныш пленкасы пайда болады.

12,14% хромды бар болат атмосферада, теңіз суында, кейбір қышқылдарда, сілтілер мен тұздарда коррозияға төзімді. Коррозияға төзімді болаттардың құрамына хромға қоса, басқа да элементтер көбінесе никельді кіргізеді. Хром құрамының артуы нәтижесінде болаттың коррозияға төзімділігі артады.

Коррозияға төзімді болаттар 12,25% хром мен 0,07% 0,22% көміртегі бар хром ферритті және 12 ... 18% хром мен 0,15 ... 1,2% көміртегі бар хром мартенситті сондай ақ құрамында 12,18% хром, 8,30% никель және 0,02,05% көміртекті бар аустенитті болаттарға бөлінеді.

Ауада салқындатудан кейін *хромдалған болаттар* ферритті, мартенсит-ферритті (феррит құрамында 10% -дан астам) және мартенситкалық құрылымға ие болады.

Хромды болаттар сымды сүтүтүгінде 300 ° С дейінгі температурада, ылғалды атмосферада, азот қышқылының және көптеген органикалық қышқылдардың ерітіндісінде коррозияға төзімді болып келеді. Теңіз суларында хромдық болаттар кернеулердің коррозиялық шытынауға ұшырайды. Хромдық болаттардың қасиеттері, химиялық құрамы мен белгілері 7.4-кестеде келтірілген (ГОСТ 5632— 2014).

Жылытудан және салқындатудан кейін хромдық болаттардың фазалық айналымға $G \rightarrow \delta$ өтуінде, коррозияға төзімділігін жоғалтпай олардың қатаюына мүмкіндік береді. Сұйылтқаннан кейін көміртектің көбеюінің салдарынан беріктігі артады. Шығару хроммен қатты ерітіндінің айтарлықтай төмендеуіне әкелмейді, ал коррозияға төзімділік жоғары деңгейде сақталып қала береді.

Мартенситикалық болаттардың термиялық өңдеуі, мысалы, 20X13, 30X13, 200 ... 300 ° С температурада төмендейді және майда 1000 ° С температурада қатайды. Осындай өңдеуден кейін, болаттардың құрылымындағы мартенсит қаттылығы 45.50 HRC ие болады. Олардан кесетін, құятын, өлшейтін және хирургиялық құралдар, серіппелер, тұрмыстық заттар жасалады. 1000 температурадан сөндіргеннен кейін, 1 050 ° С температурада майда және 200.300 ° С температура үзілісінде болат 55 HRC кемінде қаттылыққа ие болады.

Хромды коррозияға төзімді болаттардың қасиеттері кесте 7.4.

Болаттың белгісі	Класы	Құрамы С, %	Термиялық өңдеу					
			Жыпылықтауы					
			МПа				МПа	
08X13	Ферритті	0,08 кем	400	08X13	Ферритті	Менее 0,08	400	08X13
12X13	Ферритті мартенситті	0,09 ... 0,15	400	12X13	Ферритті мартенситті	0,09 ... 0,15	400	12X13
20X13	Мартенситті	0,16.0,25	500	20X13	Мартенситті	0,16.0,25	500	20X13
30X13	Бірдей	0,26.0,35	500	30X13	Бірдей	0,26.0,35	500	30X13
40X13	»	0,36.0,45	600	40X13	»	0,36.0,45	600	40X13

Мартенсит-ферритикалық болаттар сорбит құрылымын алу үшін жоғары температура әсерінде (600 - 700 ° C) демалып, 1000 ° C температурада төзімді болады. Теріс күйде, бұл болаттар тегіс, қаттылығы артып және қысым өңдеуде ыстыққа ғана емес, сонымен қатар суық қысыммен жұмыс істейді. Мартенситикалық-ферритикалық болаттарды төменгі агрессивті ортада жұмыс істейтін және соққыға ұшыраған пластиктен жасалған бөлшектерді өндіруде (тамақ өнеркәсібіндегі гидравликалық пресс-клапандар, араластырғыштар, біліктер мен бұрандалар) қолданады.

700,800 ° C температурада ферритикалық болаттарды қызартуда коррозияға төзімділігін артады және біркелкі қатты ерітіндіні алады.

08X13, 12X17, 15X25T, 15X28 болат маркаларынан агрессивті ортада жұмыс істейтін жылу алмастырғыш жабдықтардың құбырлары мен жабдықтарын, азық-түлік және жеңіл өнеркәсіп кәсіпорындары үшін жабдықтар мен керек жарақтар шығарады. Ферритті болаттар нокаттың өсуіне және коррозияға төзімділіктің төмендеуіне әкелетіндіктен сирек дәнекерлеуге ұшырайды. Хром-никель аустенитті тоттанбайтын болаттар алғаш рет Krupp компанияларының зауытында жұмыс істеген 1910 жылы неміс инженері Штрауспен әзірленді. Салқындатқаннан кейін хром-никель коррозияға төзімді болаттар, ауада аустенитті, аустенитті – мартенситті және аустенит-ферритті (10% -дан асатын феррит) құрылымға ие болады. Жиі пайдаланылатын 12X18H10T, 12H18N9, 04H18N10, 03H18N12, 17H18N9 маркалы болаттар әдетте хромды болаттармен салыстырғанда жоғары коррозияға төзімді, 18% хром мен 9.12% никельді иеленген және хромды болаттардан гөрі қыздыру кезінде төзімділігін сақтап қалады. Босатусыз температурасы 1 100 ° C суда осы болаттардың термиялық өңдеуі жүзеге асырылады. Қатаю кезінде жоғары температура біртекті аустенит құрылымын қалыптастыру үшін және карбидтерді ерітуге қажет. Беріктіктен кейін болаттар келесі негізгі қасиеттерге ие: таза аустенитті құрылым, төменгі қаттылық, жоғары пластикалық; олар магнитті емес, деформацияланған және дәнекерленген. Хром-никель болаттарының жоғары технологиялық қасиеттері оны құрылымдық материал ретінде кеңінен қолдануға мүмкіндік береді. Баяу салқындату кезінде хром-никельді болаттар аустениттен басқа аз мөлшерде феррит пен карбидтер бар көпфазалық құрылымға ие болады. Мұндай құрылым коррозияға төзімділік пен икемділікке теріс әсер етеді. Температурасы шамамен 1050 ° C суда бір фазалы аустенит аймағында болаттың қатаюы кезінде артық фазалар бөлініп үлгермей болаттың жылыту кезіндегі құрылымды ұстап тұрады. Қатты ерітіндідегі барлық хромды сақтай отырып, бір фазалы аустенит күйі максималды коррозияға төзімді болатты қамтамасыз етеді. Пластикалықлығы $8 = 35 \dots 40\%$ оларды бірдей деңгейде коррозияға төзімділігін сақтау кезінде, оларды қатайтумен және беріктігімен суық пластикалық деформацияға ұшыратуға мүмкіндік береді. Жиі кездесетін аустенитикалық болаттардың құрамы мен қасиеттері 7.5(ГОСТ 5632-2014) кестеде келтірілген.

7.5 Кесте Аустенит класының коррозияға төзімді қатайтылған болаттардың құрамы мен қасиеттері

Болат маркасы	Содержание, %						Механические свойства	
	С	Cr	Ni	Mn	Ti	Другие элементы	σ , МПа в'	δ , %
04X18H10	Менее 0,04	17... 19	9...11	—	—	—	500	45
08X18H10	Менее 0,08	17... 19	9...11	—	—	—	520	45
12X18H10T	Менее 0,12	17... 19	9...11	—	0,7	—	520	40
17X18H9	0,13...0,21	17... 19	8...10	—	—	—	600	35
10X17H13M2T	Менее 0,1	16... 18	12 ...14	—	0,3 ...0,6	1,8...2,5 Мо	520	40
10X14Г14Н4Т	Менее 0,1	13... 15	2,8...4,5	13...15	0,6	—	650	35
12X17Г9АН4	Менее 0,12	16... 18	3,5 ...4,5	8... 10,5	—	0,15... 0,25 N	700	40

Осындай болаттардың әлсіз төзімділігі мен жоғары пластикалық қасиеттерін ескере отырып, оларды суыққа тән деформациялық қатайту ұшырату салдарынан кейін төзімділік күші күшейеді.

Коррозияға төзімді аустенитикалық болаттардың көміртегі мөлшері шектеулі және 0,04% -дан тұратын никелденген аустениттегі көміртектің ерігіштік шегі 20°C температурада төмен болуы қажет. Болаттың көміртегі концентрациясының жоғары болуынан Cr23C6 сияқты хром карбидтерінің пайда болуына әкелуі мүмкін, нәтижесінде қатты ерітінді хроммен түсіп, екіфазалы құрылымды құрыайды. Бұл болаттың коррозияға төзімділігін төмендетеді. Хром карбидтерінің, әсіресе дәнекерлеуге немесе дәнекерлеу жұмыстарына байланысты, технологиялық қыздыруда және кристаллалық коррозияның пайда болуына жол бермеу үшін болатқа қосымша титан, ниобий немесе тантал қосылады. Бұл элементтер қатты ерітіндіде хромды қалдырып, көміртекті TiC, NbC, TaC типті карбидтерге байланыстырады. Болатқа арналған титанның қажетті көлемі $Ti = 5 (C - 0.02)$ формуласы бойынша анықталады, мұнда C - болаттың көміртекті құрамы.

Тұрақтандырылған деп аталатын кристаллалық коррозияға болаттар бейім емес. Тұрақтандыру әсеріне күшті карбид түзетін элементтерді енгізу арқылы немесе 0,04% төмен көміртегі мөлшерін түсіру арқылы қол жеткізуге болады.

Хром-никель аустенитикалық болаттарды пассивациялау 0,5 - 1,5% молибден енгізу арқылы жеңілдетіледі. 12X18H10T болатқа молибденнің мұндай мөлшерін енгізу пассивацияның сыни тоқ тығыздығын 10 есеге азайтады. Теңіз суында молибдені бар аустенитті болаттар коррозияға ұшырамайды.

Азық-түлік өнеркәсібінде хром-никельді коррозияға төзімді болаттар агрессивті тамақ өнімдерімен байланыста (контейнерлер, құбырлар және т.б.) болатын өнімдерде қолданылады. Тоңазытқыш пен криогенді технологияда мұндай сұйықтықтар сұйық газдарды, қаптамаларды, ацетиленді адсорбенттерді және центрифугалаушы машиналардың бөліктерін сақтауға арналған ыдыстарды дайындау үшін қолданылады.

Хром-никельді коррозияға төзімді болаттар тапшы және қымбат никельден тұратындықтан, олардың құны жоғары. Кейбір жағдайларда барлық никель немесе оның бір бөлігі марганецпен ауыстырылған арзан болаттар қолданылады. 196°C температураға дейін және агрессивті әлсіз азық-түлік орталарында 12X18H10T болат орнына 10X14Г14Н4Т болат пайдаланылуы мүмкін.

Сондай-ақ, никельді үнемдеу мақсатында өнеркәсіпте болаттың негізгі қабаты екі қабатты төменгі легирленген немесе көміртекті, ал жабынды қабатына коррозияға төзімді хром-никельді болаттар мен түсті металдардан жасалады. Аустениттық болаттардың беріктік қасиеттерін едәуір арттыруға үшін торалық аймақтарда орналасқан атомдарды енгізу көмегімен (көміртегі және азот) жүзеге асыруға болады. Көміртегінің коррозияға төзімділігіне теріс әсерін ескере отырып, оның мазмұнын арттыру ұсынылмайды. Тозған және тоқтатылған күйлерде хром-никель аустенитикалық болаттардағы азот концентрациясы 0,4% дейін, қысыммен

болат балқыту кезінде - 1% дейін жеткізілуі мүмкін. Бұл жағдайда бөлме температурасында шығу қарқыны 500 МПа дейін, ал уақытша төзімділік - 1000 МПа дейін өседі. Азот аустенит тұрақтылығын арттырады, сондықтан болаттың интерметалдық фазаларды бөлінуіне бейімделген жоғарылатпай ақ коррозияға төзімділікті жақсарту үшін хром мен молибденнің жоғары концентраттарын пайдаланылуына болады. Мысал ретінде криогенді технологияда қолданылатын 03X20H16AG6 болатты алуға болады.

Түсті металдардың коррозияға төзімді қорытпалары. Коррозияға төзімді түсті металдардың екі тобы бар:

- жоғары электродтық потенциалы бар өтпейтін металдар (Au, Pt, Ag, Cu және олардың қорытпалары):
- беткі қабаттарда тығыз қорғайтын оксидті пленкаларды (Ti, Al, Cr) қалыптастыратын пассивті металдар:

Алтын, платина, күміс кейбір концентрлі қышқылды қоспағанда, кез келген ортада коррозияға төзімді. Мыстың коррозияға төзімділігін ылғалды ауада, теңіз суында және көптеген органикалық қышқылдарда сақтайды. ішкі кернеулерді жеңілдетуде жездің коррозиялық жарықтарға бейімділігіне жол бермеу үшін ылғалды атмосферада жану процесі жүргізіледі. Электрохимиялық ерітіндісінің нәтижесінде электролитте пайда болатын мыс иондарының уыттылығы тағам өнеркәсібінде мыс қорытпаларын пайдалануды шектейді. Пассивтелген металдар құрғақ және ылғалды ауада, органикалық және бейорганикалық қышқылдарда жоғары. Титан коррозияға төзімділік жағынан алтын мен платинадан кейінгі орында тұрады. Титанның жоғары коррозияға төзімділігі ылғалды атмосферада қыздырылған кезде сақталатын бетінде TiO₂ оксидінің тұрақты пассивациялық пленкасының пайда болуымен түсіндіріледі. Титан қорытпалары теңіздегі кавитацияның тоттануына жоғары төзімділікке ие. Алюминий және алюминий қорытпалары бетіндегі Al₂O₃ қорғағыш оксидті пленканы құрайды, бұл олардың ылғалды атмосферада және қышқыл ортада коррозияға төзімділігін қамтамасыз етеді. Пленка нейтралды ортада төзімді, бірақ ол сілтілік ортада тез ериді. Сондықтан да сілтілік орталарда алюминий және оның қорытпалары оңай жойылады. Теңізде алюминий қорытпалары коррозияның бұзылуына сезімтал болып келеді. Жоғары электрод әлеуеті бар мыс және темір сияқты қоспалаушы элементтер, алюминий қорытпаларының коррозиялық төзімділігін нашарлатады. Таза алюминийге коррозияға төзімділігі жағынан Дуралумин мыс-қорытпасы орын береді. Кремний мен магний элементтерінің электртерістілігі бар қоспалау белсенділікке нұқсан келтірмейді, ал марганец (MnFe) Al₆ қосылысының түзілуінен коррозиялық төзімділікке теріс әсер етіп, қатты ерітіндіден темірді алып тастауға мүмкіндік береді. Сондықтан АМц түрінің қорытпалары техникалық алюминийге қарағанда тот басуға қарсы болады. Алюминий қорытпаларын коррозиядан қорғау үшін таза алюминиймен қаптау қолданылады және анодтық өңдеу мен химиялық тотықтыру

жолымен қорғайтын тотықты пленканы жасанды қалыңдатуға негізделген әдістер қолданылады. Сондықтан сілтілік орталарда алюминий және оның қорытпалары оңай жойылады. Теңіз суында алюминий қорытпалары коррозиялық бұзылуға сезімтал.

Жоғары электродтық потенциалы бар мыс пен темір сияқты легирленген элементтер алюминий қорытпаларының коррозияға төзімділігін бұзады. Драломинмен, мыспен қосылған, коррозияға төзімділігі таза алюминийден айтарлықтай төмен. Электронға қарсы элементтермен қосу кремний және магнийдің пассивтілігін бұза алмайды, марганец қатты қоспасынан темірді алып тастауға және оның теріс әсерін тоттануға төзімділікті жоюға мүмкіндік беретін қосылыс (MnFe) Al6 құралуына байланысты оң әсер етеді. Сондықтан AlMn түрінің қорытпалары техникалық алюминийге қарағанда коррозияға қарсылығы болады.

Алюминий қорытпаларын коррозиядан қорғау үшін таза алюминиймен қаптау қолданылады және анодтық өңдеу және химиялық тотықтырумен қорғайтын тотықты пленканы жасанды қалыңдататын негізделген әдістер қолданылады.

7.2. Ыстыққа төзімді және ыстыққа берік болаттар мен қорытпалар

Жалпы сипаттамасы. Термодинамиканың екінші заңына сәйкес, кез келген жылу қуатының түрлендіргішінің тиімділігі $\text{КПД} = 1 - T_2/T_1$ өрнегімен берілген, мұндағы екінші термин T_2 шығуындағы T_1 түрлендіргішіндегі температураға дейін температураның қатынасы. Кірістегі температура неғұрлым жоғары болса, КПД соғұрлым тиімдірек болады. Конвертерге кіру кезінде температураны жоғарылату мүмкіндігі қолданылатын материалдардың ыстыққа төзімділігіне байланысты.

Жоғары температураларда жұмыс істейтін материалдардың негізгі сипаттамалары ыстыққа берік және ыстыққа төзімді болып табылады.

Ыстыққа берік және ыстыққа төзімді материалдар жоғары температураларда (мысалы, жылу электростанцияларында (ЖЭС), мұнай-химия зауыттарында және мұнай өңдеу зауыттарында, өнеркәсіптік жылыту пештерінде, газ турбиналары мен авиациялық қозғалтқыштарда) механикалық күйзелуге ұшырайтын қондырғылардың бөліктерін өндіру үшін қолданылады.

Қазіргі заманғы ЖЭО зауыттары 500 ... 560°C температурасына дейін, ал кейбір жағдайларда - 650 ° С дейін буды қолданады. Стационарлық газ турбиналары және ауа қыздырғыштары 700°C жоғары температурада жұмыс істейді. Авиациялық қозғалтқыштар мен химиялық зауыттардағы ең жоғары жұмыс температурасы 1100°C және одан жоғары.

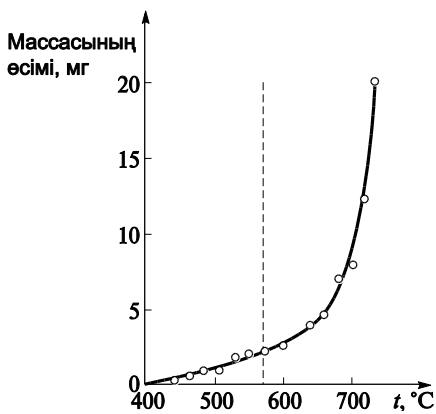


Рис. 7.13. Темірдің тотығу жылдамдығына байланыстылығы

Ыстыққа төзімді болаттар. Жоғары температурадағы құрғақ газ тәрізді ортада химиялық коррозияға қарсы тұру қабілеті ыстыққа төзімділік немесе шкаланың кедергісі деп аталады. Оттегі бар темір үш түрдегі оксидтерді құруы мүмкін: FeO , Fe_3O_4 , Fe_2O_3 . Температурасы 560 ... 600 ° С дейін, негізінен Fe_2O_3 және Fe_3O_4 оксидтерінің тығыз қабатынан тұрады, бұл атомдардың диффузиясын қиындатады оттегі және металл. 600 ° С жоғары температурада осы оксидтердің жарылуы және олардың орнына қорғаныс тек қышқыл тотығы бар

ол оттегінің металл бетіне қол жеткізілуін темірдің негізіндегі қорытпалардың қарқынды

тотығуына әкеледі (7.13-сурет). Ыстыққа төзімділікке әсер ететін негізгі фактор - тотықты қабықтың қорғаныш қасиеттерін анықтайтын металлдың химиялық құрамы болып табылады. Кестеде. 7.6 температуралық диапазондағы ауадағы тотығу жылдамдығымен анықталған кейбір таза металдардың ыстыққа төзімділігінің салыстырмалы бағалауы көрсетілген.

Жұмсақ магний оксиді металды қыздырылған кезде қорғайды. Магний тек жылдам тотықсыздандырылмайды, сонымен қатар қыздырылған кезде оңай тұтанады, сондықтан ол пиротехникада қолданылады.

Екінші топтағы металдардың оксидтері қыздыру кезінде (Mo, W) сублимациясы әсерінен, сонымен металлға кіретін оттегін (Ti, Zr) ерітумен байланысты.

Температура белгілі бір шегінен асып кетсе, үшінші топтағы металдардың тотықтарының ақаулары артады. Техникалық темір үшін ауадағы жылудың максималды жұмыс температурасы 560 ° С құрайды.

Төртінші топтағы металдар қыздыру кезінде жоғары қорғағыш қасиеттері бар тығыз тотықты пленкасының арқасында жақсы ыстыққа төзімді. Хром және алюминий кремниймен қатар легирленген болаттардың ыстыққа төзімділігін жақсарту үшін қолданылады. Легирленген элементтің тотығы тығыз болуы керек, қыздыру кезінде жарылуға ұшырамауы керек, сублимацияның және балкудың жоғары температурасы болуы керек

Алюминий мен кремнийдің жоғары құрамы қысылуға ықпал етеді және қысыммен өңдеу кезінде технологиялық пластикаға кедергі келтіретінін ескере отырып, ыстыққа төзімді болаттардағы негізгі легирленген элемент хром болып табылады

7.6. кесте. Жұмыс кезіндегі ауадағы металдардың ыстыққа төзімділігі

Металл	Ыстыққа төзімділік бағасы			Анықтауша фактор
	сапалық	Температуралық арақашықтық, °C	Тотығу жылдамдығы, г/(м ² -ч)	
Mg	Өте нашар	500 ... 600	10 ⁻¹ ... 10	Жұмсақ оксидті пленка
Nb, Mo, W, Ti, Zr	Нашар	700 ... 800	10...10 ³	Оксидті пленканы жою (деградация)
Cu, Fe, Ni, Co	Қанағаттанарлық	500 ... 600	10 ⁻³ ... 10 ⁻¹	Салыстырмалы тығыз оксидті пленканың жоғары ақауы
		700 ... 800	10 ⁻¹ ... 1	
Al, Zn, Sn, Pb, Cr, Be	Жаксы	400 ... 600	10 ⁻⁶ аз	Тығыз оксидті пленка
		700 ... 800	10 ⁻⁴ ... 10 ⁻³	
Ag, Au, Pt	Тамаша	—	—	Оттегіге томен зат

Болаттың мөлшерін жоғарылату арқылы жылуға төзімді қасиеттер өседі. 5% хром бар болат 600°C (15X5), 9% (40X9C2) - 800°C дейін, 17% (08X17T) - 900°C дейін ауқымды қарсылықты сақтайды. Хромның категорияларындағы болаттар ферритикалық класқа жатады.

Ыстыққа төзімділік критерийлері. Ұзақ уақыт бойы асып кету нүктесінен аспайтын және жылуды еру T_{ne} температурасының 0,4-0,5 немесе одан көп температурасына дейін қызған кезде, метал баяу пластикалық деформацияны кешеді. Мұндай деформациялар *серпілісті* немесе *сіңірілу* деп аталады.

Жылытылған метал деформацияланған кезде, онда екі қарама-қарсы процестер дамиды: пластикалық деформация және кристалданудың нәтижесінде жаұмсарту кезінде суыққа қатайтуға байланысты бекіту жүреді. Егер екінші үдеріс басым болса, металда диффузиялық жұмсарту дами бастайды – демалу, фазалардың коагуляциясы, қайта кристалдану, *сіңірілуді* ынталандырады.

Жылуға төзімділік деп материалдың деформацияға және жоғары температурадағы бұзылуына қарсы тұру қабілеті аталады. Металдардың ыстыққа төзімділігінің негізгі критерийлері - *сіңіру шегі* және *ұзақ мерзімді беріктік шегі*.

Ұзақ мерзімді беріктік пен серпілістің шектерін анықтау тәртібі 2 тарауда берілген.

Машина немесе механизм жасақтау үшін қызмет ету мерзімі, жылуға төзімділік критерийлерін және оларды жасап шығаруға арналған материалды анықтайды.

Кейбір ұсыныстарды ескере отырып, мақсатқа байланысты кейбір ыстыққа төзімді

Ракеталар және олардың қозғалтқыштары	1
Жауынгерлік-ұшақтардың қозғалтқыштары	100
Азаматтық ұшақтардың қозғалтқыштары	1 000
Локомотивтер мен кемелердің газ турбиналары	10 000
Тұрақты электр станцияларының газ турбиналары	30 000
Тұрақты электр станцияларының бу турбиналары	100 00

Егер конструкцияның жұмысының сенімділігі сіңірілу кезінде оның деформациясына байланысты болса, онда ыстыққа беріктік сипаты болып сіңірілу шегі табылады, ол белгілі бір температура мен кернеу үшін БС аймағындағы сіңірілу жылдамдығын анықтайды (2.35, б-сурет). Егер конструкциялық сенімділіктің шекті факторы бөліктің бұзылу қаупі болса, онда жылуға төзімділік критерийі болып ұзақ төзімділік шегінің қызмет етуі болады, берілген кернеу мен температураның бұзылуға дейінгі уақытын анықтайды.

Шекті жүктелген бекіткіштерде (болттар, жаңғақтар, штамптар) жоғары температурада серпіліс кернеудің релаксациясына ықпал етеді, бұл тартпалардың әлсіреуіне және алшақтықтың пайда болуына әкеледі. Релаксация сынақтары белгілі бір жүктеме мен жоғары температурада кернеу релаксациясының жылдамдығын анықтау үшін жүргізіледі.

Сынақтау кезінде үлгіні серпімді деформацияның белгілі бір шамасына дейін жүктеледі, ал берілген температурада белгілі бір уақытты ұстағаннан кейін жүктемені шешеді және қалған серпімді деформация бөліктерінің өлшемін алады. Бастапқы және соңғы серпімді деформациялардың мәндерінің түрлілігі бойынша пластикалық деформация анықталады.

Бастапқы және соңғы кернеу сәйкесінше релаксация қарсылық критерийі $\sigma_0 = \sigma_0 - \sigma$, где σ_0 , σ , алдын ала белгіленген температурада уақыт t үшін кернеу өзгеруі болып табылады. Релаксация кедергісін сынау сақина үлгілері арқылы анықтауға болады, онда бастапқы кернеу слотқа салынған саңылау арқылы жасалады.

Құрылымның қорытпалардың ыстыққа төзімділігіне әсері. $0,5 \cdot 10^{-7}$ температураға дейін серпімділік деформациясы делокация құрылымының тұрақтылығымен анықталады. Одан жоғары температура кезінде диффузиялық процестер белсендіріледі, легирленген элементтердің және қоспалардың атомдарының жиынтығының ерітіндісі пайда болады, бұл дислокацияның бекітілу дәрежесін әлсіретеді және олардың кристалдануға өтуін жеңілдетеді.

Мұндай жағдайларда сілемге қарсылық атом аралық байланыс күштерімен анықталады.

Көптеген металдардағы атом аралық байланыстардың беріктігі жоғары температурада жеткіліксіз. Ыстыққа төзімділікті арттыру үшін дислокацияның қозғалғыштығын азайту және диффузияны баяулату қажет. Аустеникалық болат қатты ерітіндінің КШО торымен ферритті болаттың ККО торына қарағанда аса тығыз атомдар орамасымен айырықшаланады. Осыған орай, КШО торымен у-темір үшін диффузия коэффициенті ККО торының а-темірінен екі шамға аз. Атап айтқанда, бұл ККО-КШО түрлендіру температурасында болаттың сіңіру жылдамдығының күрт өзгеруін түсіндіреді. КШО торлы аустенитті болаттар ККО торлы болаттармен салыстырғанда аса жоғары ыстыққа төзімділікке ие.

Дислокациялардың қозғалысына кедергі жасау дисперсті бөлшектермен күшейтілген материалдарды пайдалану арқылы жүзеге асырылады. Ыстыққа төзімді болаттардағы беріктендіру фазалары болып арнайы никель табылады - Ni_3 (Ti, Al, Nb, Ta) типті торлы қорытпаларында, у'-фазалық бөлінулер. Үлкен көлемдегі у'-фазасы арқылы қорытылған қорытпаларда деформация бұл фазаның бөлшектерінде ауысумен байланысты, сондықтан мұндай қорытпалар жоғары беріктік пен тұтқырлықпен ерекшеленеді. Болаттардағы дисперсті бөлшектермен гетерогенді құрылымды сөндіру және температурадан және ыстыққа төзімді қорытпалардан кейін - сөндіру мен тозулардан кейін қол жеткізеді.

Кристалл торындағы атом аралық байланыстардың беріктігі жоғары балқу температурасы бар элементтердің қосылуы көбейтіледі - Cr, Mo, W, Nb, Ta. Сонымен қатар, бұл элементтер өздігінен таралу коэффициентін төмендетеді және қайта кристаллизация температурасын жоғары температура деңгейіне ауыстырады, бұл сонымен қатар жылуға төзімділіктің өсуіне ықпал етеді.

Серпіліс жылдамдығына ерітінді нокаттарының мөлшері әсер етеді. Төменгі температурадағы беріктікке майданокатты құрылымның күшті әсері бары белгілі. Жоғары температура кезінде сіңіру механизмі негізінен диффузияға байланысты болғанда, серпіліс жылдамдығы нокат мөлшерінің жоғарылату арқылы азаяды.

Нокаттар шегі сілемдердің кедергісін азайтады. Бұл нокат шекаралары қалдықтардың көздері болып табылады және дислокацияның қозғалысын жеңілдетеді, бос орындардың таралуына және нокат шекарасының сырғанауына ықпал етеді. Нокаттар ортақ шекара аймағындағы жалпы шекаралар бойымен бір-біріне қатысты жылжиды. Серпіліс кезінде нокаттың елеулі ауысуы шекарада қиғаштардың тәрізді жарықтар мен кедірлердің пайда болуына және өсуіне әкеледі. Жарықтың ұзындығы артқанда оның шыңында кернеу концентрациясы артады, бұл жарықшақтың өсуін күшейтуге және нәтижесінде аралық кристалды сынықтарға ықпал етеді.

**7.7. кесте. Алюминий, магний, титан негізіндегі қорытпалардың ыстыққа
төзімділігі**

Қорытпа	Легируші элементтің мәні, %	Температура, °С		°100' МПа
		Ұсынылған, қолданыс	сынақта р	
Алюминий негізінде				
Д20	6,3 Cu; 0,6 Mn; 0,15 Ti	250 ... 300	300	80
САП-1	6 ... 9 Al ₂ O ₃	300 ... 500	500	45
АЛ33	5,8 Cu; 0,8 Mn; 1 Ni; 0,2 Zr; 0,2 Ce	250 ... 300	300	95
Магний негізінде				
МА12	2,5 ... 3 Nd; 0,5 Zr	150 . 200	200	«100
МА19	1,6 ... 2,3 Nd; 0,6 Zn; 0,7 Zr; 1,7 Y	250 ... 300	300	50
Титан негізінде				
BT8	6,5 Al; 3,3 Mo; 0,3 Si	450 ... 500	500	500
BT9	6.5 Al; 3,3 Mo; 0,25 Si; 1.6 Zr	500 ... 550	550	400
BT18	7,5 Al; 11 Zr; 0,7 Mo; 1 Nb; 0,3 Si	550 ... 600	600	200

Ірі ноқаттық ыстыққа төзімді қорытпалардың сипаттамасы. Олардың құрылымының мінсіздігінде олар мүлдем ноқат шекаралары болмауы керек және бір кристаллдан тұрады. Мұндай бір кристалды құрылымдар маңызды турбиналық пышақтарды өндіру үшін алынды.

Түсті металдар мен болаттардың қорытпаларының жылуға төзімділігі. Әуе кемелерін және зымырандарды дайындауда пайдаланудың тиімділігі олардың массасын барынша азайтуға мүмкіндік береді. Алюминий, магний және титан негізіндегі жеңіл қорытпалар болаттармен салыстырғанда ең төмен ыстыққа төзімділікке ие, оларды орта температурада жұмыс істеу үшін әуе кемелерінде пайдаланылады (7.7-кесте).

Жұмыс температурасы 400 ... 450°С-тан төмен болғанда, ыстыққа төзімді материалдарды пайдаланудың қажеті жоқ. Мұндай жағдайларда дәстүрлі құрылымдық болаттар табысты жұмыс істей алады.

Ыстыққа төзімділіктің құрылымдық болаттардың келесі түрлері бар.

1. Пирлитикалық болаттар. Перлитті типті болаты 500,550°С температурада ұзақ уақыт жұмыс істейтін бекітпелерді, құбырларды, бу желілерін, жоғары қыздыру қондырғыларын және электр қондырғыларын өндіру үшін қолданылады.

7.8. кесте. Ыстыққа төзімді болаттардың қасиеттері

Болаттар тобы	Болат маркасы	Негізгі қосылушы элементтердің үлесі %	Температура, °C		Ыстыққа төзімді қорытпалар		
			Максималды жұмысы	Жеке тотығудың басталуы	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	Сынақ температурасы °C
Перлитті	12X1МФ	0,12 C; 0,1 Cr; 0,3 Mo; 0,2 V	570... 585	600	140	84	560
	25X2M1Ф	0,25 C; 2,3 Cr; 1 Mo; 0,4 V	520...550	600	160...220	70	550
Мартенситті	15X5М	До 0,15 C; 5,2 Cr; 0,5 Mo	600	650	100	40	540
	12X18Н10Т	До 0,12 C; 18 Cr; 10 Ni; 0,5 Ti	600	850	80... 100	30...40	660
Аустенитті	10X11Н20ТЗР	До 0,10 C; И Cr; 20 Ni; 2,6 Ti; 0,02 В	700	850	400	—	700

Пирлитикалық болаттар көміртекті салыстырмалы түрде аз мөлшерде қамтиды және әдетте хром, молибден және ванадиймен қосылған (12XM, 12X1MF). Бұл класты болаттар қатайтылған немесе қалыпты және жоғары температура жағдайында қолданылады.

2. Мартенситикалық болаттар. Мартенситті типті болаттарды 600 - 620°C температурасында ұзақ уақыт жұмыс істейтін энергетикалық жабдықтардың (пышақтар, диафрагмалар, турбиналық дискілер, роторлар) бөлшектерін өндіру үшін қолданылады. Болаттар хроммен, вольфрам, молибден, сондай-ақ, ванадий (15X11MF, 15X12BNMF) айтарлықтай қорытады. Бұл болаттардың жоғары ыстыққа төзімділігі 1 000...1 050°C температурасында мартенситке дейін сорбитол немесе троститке дейін температураны сөндіру арқылы жүзеге асырылады. Шағын және орта қуатты ішкі жану қозғалтқыштарының шығатын клапандары 40X9S2, 40X10S2M марганецтік класстағы типі бар хром-кремнийлі болаттан жасалған. Күшті қозғалтқыштардың клапандары аустенитикалық болаттан жасалған.

3. Аустенитикалық болаттар. Осы болаттардан 600,700°C температурада жұмыс істейтін роторлар, дискілер, газ турбиналық пышақтар, дизельді қозғалтқыш клапандарын дайындайды. Хром-никель аустенитикалық болаттарды ыстыққа төзімділігін арттыру үшін қосымша вольфрам, молибден, ванадий, ниобий, бор және басқа элементтермен легирленген. Аустенит класының ыстыққа төзімді болаттар құрамына: 09X14N16B, 09X14N19B2BP, 45X14N14B2M болаттар жатады. Осы болаттардың термиялық өңдеуі жұмыс температурасының жоғары температурасында сөндіру мен тозуынан тұрады. Тозу кезінде аустенитті жұқа дисперсті шығу фазалары бөлінеді, ол қосымша сіңірілетін болаттар кедергісін арттырады.

7.8. кестеде. Ресейде өндірілген (ГОСТ 5632-72) кейбір ыстыққа төзімді болаттардың негізгі қасиеттері көрсетеді.

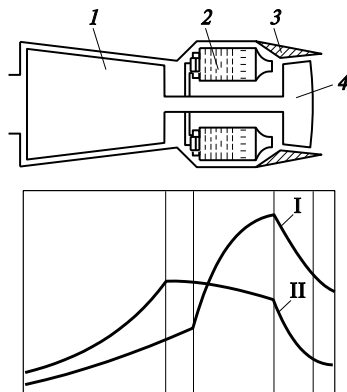
Суперқорытпалар. Аса жоғары жұмыс температурасы (1000. 1 100°C және одан да жоғары) мерзімді жүйенің VIII топтағы элементтері, никель, кобальт, темір-никель қорытпалары негізінде ерітілген супер қорытпаларға төзімді. Олар аэроғарыштық және өнеркәсіптік электр станцияларына арналған газ турбиналық қозғалтқыштарды өндіруде қолданылады. Одан да жоғары температурада жұмыс істеу үшін қиын еритін металдар мен керамикалық материалдар қолданылады.

Супер қорытпалар тарихының басталуы 1929 ж. деп есептеледі, ол кезде Р.Э.Бедворд және Н.Б.Пиллинг қосымша аздаған титан және алюминий қоспалары бар, бұрынғыдан жасалған ыстыққа төзімді хром-никель қорытпасы КШО торымен бірге қосылды. Осы элементтерді енгізу серпіліске төзімділіктің айтарлықтай өсуін қамтамасыз етті.

Бір қызығы, супер қорытпалардың пайда болуы кездейсоқ реактивті қозғалтқыштың пайда болуымен сәйкес келді. 1930 жылдың соңында Германияда және Англияда турбиналық қозғалтқыштары бар әуе кемелерінің алғашқы үлгілері құрылды.

Жаңа конструкциялардың пайда болуы жоғары ыстыққа төзімді жаңа қорытпалардың пайда болуын талап етті. Ұзақ уақытқа бойы созылмалы реактивті қозғалтқыштар әскери мақсат үшін ғана жасалды. Кейінірек электр станцияларына, газ сорғыларына және басқа жетекті құрылғыларға арналған газ турбиналарын жасау қажеттілігі туындады.

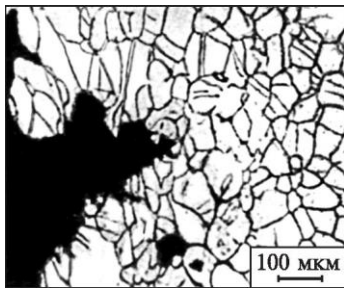
1950 жылы - 60 жылдары барлық елдерде ыстыққа төзімді қорытпаларды өндіру жұмыстары қарқынды басталды, кейінірек, қазіргі уақытқа дейін технологияны жетілдіру және олардың өндірісін үздіксіз кеңейту басталды.



Сурет 7.14. Схемасы газ-турбиналық қозғалтқыш және профильдеп (I) және II

Газ турбиналарының материалдарына қойылатын талаптар. Булы газ турбиналарымен салыстырғанда, кішкентай өлшемдері мен массасына ие, салыстырмалы түрде жоғары қуаты бар және тез бастауға мүмкіндік береді. Газ температурасын арттыруда газ турбинасына кіру кезінде оның тиімділігін арттырады.

Газ турбиналық қозғалтқыш атмосферадағы ауаны тартып, оны бірнеше рет қысады. Сығылған ауаға жанармайды енгізіледі және алынған қоспа күйіп кетеді. Жоғары қысымға ие жоғары температуралы ағынның бөлігі компрессорды қозғалатын турбинаны айналдыру үшін қолданылады. Қалған газ ағыны пайдалы жұмысты орындау үшін қолданылады: турбо реактивті қозғалтқыштарында ағындық немесе турб винттік қозғалтқыштарында жетек білігінің айналуына жұмсалады. Осы қозғалтқыштардың кез-келгенінде үш компонент бар: компрессор, жану камерасы және турбина (7.14-сурет). *Жану камерасы.* Жану камерасына түсетін сығылған ауаның бір бөлігі жанармаймен араласады және алынған қоспасы жану камерасында жанады, $1,650^{\circ}\text{C}$ жоғары температурадағы газдарды құрады. Сығылған ауа ағынының қалған бөлігі жану камерасы айналасынан, қабырғалардағы жарықтар арқылы өтіп, оны салқындатады, одан кейін турбинаға кірер алдында соңғы температура деңгейін төмендету үшін жану өнімдерімен араласады (кейбір қазіргі заманғы қондырғыларда 1500°C дейін). Жану камерасының және өтпелі газ құбырларының материалдары жұмыс температурасында (1100°C және одан жоғары) жеткілікті беріктігі болуы керек. Негізгі талап - тотығуға, термиялық тозуға және соғыс беттеріне төзімділік болып табылады. Бұдан басқа, материал камералар дайындау үшін қажетті



Сурет 7.15. Микрoқұрылымы болды 18Cr8Ni жақын шыңдары жарықтар (температура 650 °C)

жақсы дәнекерленуге және деформациялылығына ие болуы керек. Материалдың термиялық кеңеюдің төмен коэффициенті және жеткілікті тозуға төзімділігі бар болуы қажет.

Турбина. Ыстық газдар турбиналы пышақтарға бекітілген бағыттағыш саңылаулар арқылы жіберіледі, бұл ротордың айналуына әкеледі. Саңырауқұлақ пышақтар стационарлы бөлшектер болып табылады және жоғары механикалық кернеулерге ұшырамайды.

Олардың жұмыс температурасы 1100 ° C-қа жетеді, өйткені турбиналық секцияға кіретін ыстық газдар бірінші сатыдағы шашатын пышақтарына тікелей барады. Осы бөліктердің материалдарына қойылатын негізгі талаптар серпімділікке қарсылықтың өте жоғары температура, жылудың тозу кедергісі, газ коррозиясына және эрозияға төзімділікте.

Жұмыс пышақтары, дискілерге бекітілген пышақтар, әсіресе құлыптар, 650... 980 °C температурада жоғары механикалық жүктемелерді сезінеді. Пышақтардың материалы оттегі құрамында жанармай жану өнімдерімен байланыста жұмыс істейді. Сондықтан, материалға, әсіресе өнеркәсіптік турбиналарды өндіруге арналған маңызды талаптар, ыстық газдардан туындаған тоттануға төзімділік болып табылады. Тотығуға төзімділікті арттыру үшін көбінесе қорғаныш жабындары қолданылады.

Қозғалтқышты жиі іске қосу және тоқтату қажеттілігі төмен циклдық тозыды тудырады. Авиациялық қозғалтқыштардың, әсіресе жауынгерлік ұшақтардың жедел қызуы жоғары температура градиенттеріне және жылу кернеулеріне және соның салдарынан термалды тозуларға ықпал етеді. Термомеханикалық тозу - жұмыс пышақтарының бұзылуының басты себебі.

7.15. суретте. хром-никельдің 18Cr8Ni аустенитикалық болатының құрылымын көрсетеді, ол 650 °C температурасында жұмыс істейтін негізгі тозғыш сызаттардың жоғарғы жағында орналасқан. Шлифтың бүкіл бөлімінде жарықтар алдында жоғары температуралы тозуынан туындайтын ноқатаралық микр жарықтар көрінеді.

Термомеханикалық тозумен күресудің тиімді шарасы ұшақ қозғалтқыштарының турбиналық пышақтарын кристаллизацияға және бір кристалды күйде өндіруге бағыттау болып табылады. Осы негізгі талаптардан басқа, жұмыс пышақтарының материалдары тұтқырлығы мен икемділігіне, сондай-ақ жақсы құю қасиеттеріне ие болуы керек

Турбиналық дискілердің жұмыс температурасы пышақ температурасынан төмен және шамамен 700 °C құрайды. Дегенмен, жұмыс пышағы қосылатын дискке, жоғары қысымды орталықтандырылған созылғыш кернеулер әсер етеді. сондықтан, дискілердің материалы жоғары сыну төзімділігі мен тозу кедергісіне жоғары беріктігі болуы керек.

Никель және кобальтты супер қорытпалар. Ресейде өндірілген кейбір никель-негізді супер қорытпалардың химиялық құрамы мен негізгі қасиеттері 7.9 кестеде келтірілген. Қорытпалар вакуумдық-доғалы қайта қалпына келтіруді қолдану арқылы ерітіледі.

950°C температурасында, XN55BMYU қорытпасы 100 м $O_{900} > 140$ МПа негізінде және 1000 м $O_{9000} > 65$ МПа негізіндегі ұзақ уақыттық беріктігі $\sigma_b = 550$ МПа, $\sigma_{0.2} = 400$ МПа күшін сақтайды. Бұл қорытпаны газ турбиналық пышақтар мен 950 °C дейінгі температурада ұзақ уақытқа созылатын басқа бөліктерді дайындау үшін пайдаланылады.

Ең ыстыққа төзімді материал ретінде никель негізіндегі супер қорытпалар ең кең таралған.

Деформацияланатын қорытпаларды ыстық және суық қысыммен өңдеуге болады; керісінше, дәл құюға арналған қорытпалар, әдетте, деформацияланбайды.

Никель қорытпаларының жұмыс температурасы басқа легирленген жүйелерге қарағанда жоғары, және жоғары техникалық сипаттамалары бар қозғалтқыштарда олардың үлесі 50%-дан асады. Супер қорытпалар 10 -12 компонентке дейінгі күрделі химиялық құрамға ие.

Әдетте темірдегі қорытпалар қоспалар түрінде кездеседі, дегенмен 30% немесе одан да көп темірі бар маркілерге ие. (15-20%) хроммен легирленуі жоғары температуралы тоттануға төзімділікті қамтамасыз етеді. Молибден және вольфрамның қатты ерітінділерде немесе карбидтерде болуы қорытпаның ыстыққа төзімділігін арттырады. Алюминий және титан никельмен негізгі беріктендіргіш болып табылатын $Ni_3(Al, Ti)$ у'-фазасын құрайды. Кобальт қаптама ақауларының энергиясын төмендету үшін никель қорытпаларына енгізіледі және у'-фазасының бөлінуінен туындаған дисперсиялық қатаюды күшейтеді.

КШО торларының құрылымын тұрақтандыру үшін кобальт қорытпаларына никель енгізіледі. Кобальт қорытпалары көміртектің жоғары концентрациясына ие, өйткені олардың алғашқы қатаюы карбидтердің пайда болуына байланысты. Кобальтталған құйылмалы ерітінділерінде, негізгі карбидтер $Me_{23}C_6$ және MeC формасын шығарады. Диффузияның шамамен 1200°C температурасында жуудан кейін және кейіннен 750.800°C температура кезінде әсер етуінен кейін, ұсақ дисперстік қайталама карбидтері бар құрылым пайда болады.

Никель қорытпаларында сөндіру немесе диффузиядан кейінгі тозудан кейін, дисперсиялық беріктендіру интерметаллы у'-фазаны қалыптастырады.

7.9. Кесте. Қатайту және тозудан кейінгі никель қорытпаларының құрамы және қасиеттері

Қорытпа маркасы	Құрамы, %	20 °С, температурадағы тығыздығы г/см ³	Температурадағы $\alpha_{\text{в}}$, МПа, °С			Температурадағы α_0 , МПа, °С			температурадағы δ_5 , %, °С		1 000 °С температура базасындағы ұзақ беріктігі, °С		Жұмыс температурасы, °С
			20	700	800	20	700	850	20	700	700	800	
ХН77ТЮР (ЭИ437Б)	Аздау 0,07 С; 20 Сг; 2,6 Тi; 0,8 А1; менее 0,01 В; ост. Ni	8,2	950	800	370	620	550	300	15	12	300	100	До 750
ХН55ВМТКЮ	Аздау 0,12 С; 10,5 Сг; 5 Мо; 5,5 W; 14 Со; 4А1; 1,6 Тi; 0,5 V; ост. Ni	8,4	1000	900	700	750	700	500	6	12	600	320	До 850
ХН55ВМКЮ	Аздау 0,1 С; 9,5 Сг; 7,2 Мо; 6,7 W; 5,7 А1; 12 Со; менее 0,02 В; ост. Ni	8,45	1 100	1080	1000	750	750	700	9	5		310	До 950

Судың қызу температурасы және диффузияның жану температурасы шамамен тең және әдетте 1 100 ... 1 300 °C құрайды. Жоғары температурада ұстау метал аралық фазалардың ерітіндісінің төменгі қаттылығы бар және талап етілетін нөкат мөлшерін алуымен біртекті қатты ерітіндіні қалыптастыруға әкеледі. АҚШ-тағы қарапайым болаттардың беріктенуін hardening деп атайды және ең жоғарғы қаттылықты алу үшін жасалады. Ыстыққа төзімділік қорытпаларының қатаюын solution treating деп атайды, ол қорытпаларды қаты ерітінділерге айналдырады. Бір немесе екі қадамдық тозулар 700,950°C температурада жүзеге асырылады. Тұтқыр супер қорытпалар жағдайында термиялық өңдеу міндетті емес немесе бір қалыпты жағдайдан тұруы мүмкін.

Қатты ерітіндіден тозумен бөлінген интерметаллды γ' -фазасы ерекше қасиеттерге ие және қатаюға шешуші үлес қосады. Қатты ерітіндідегідей, γ' -фазасы КШО құрылымына ие және когерентті бөлінеді. γ' -фазасының беріктігі температураның жоғарылауымен бірге артады және оның пластикасының жойылу көзі болуға мүмкіндік бермейді. Никель қорытпаларының ылғалға төзімділігі бөлінген интерметаллды қосылыстардың морфологиясына және олардың көлемдік үлесіне байланысты. Бөлу неғұрлым аз болса, олардың арасындағы қашықтық аз болса, серпімділік қарсылығын жоғарылайды. Шөгінділердің үлесі ыстыққа төзімді аустенитикалық болаттарға қарағанда үлкен.

Никель қорытпалары, γ' -фазасының көлемдік үлесі 50 % жоғары, енді әдеттегі әдістермен ыстық деформацияға ұшырауына мүмкіндік бермеу қажет; олардан бұйымдарды нақты құю әдісімен алады.

. Құрылымдық тұрақтылық - бұл никель мен кобальт қорытпаларының ұзақ мерзімді беріктігінің айқындаушы факторы. Құрылымдық өзгерістер тозу үдерісіне байланысты және карбидтердің бөлінуіне, γ' -фазаны түрлендіруге немесе басқа интерметаллдық фазалардың қалыптасуына дейін азаяды.

Қиын еритін металдар. 2 200 °C жоғары балку температурасы бар металдар, яғни. темірдің, никельдің, кобальттың және олардың қорытпаларының балкуы жоғары темірлерді қиын еритін металдар деп атайды. Техникада қолдануды анықтаған балқитын металдарға мынадай балку нүктелері бар металдар кіреді: °C: ниобий - 2 468; молибден - 2 610; тантал - 2,996; вольфрам - 3 410.

Барлық аталған металдар кристалдық ККО торымен жабдықталған және фазалық қайта құруға жол бермейді. Жоғары температурада балкуына қарамастан, КШО торлы құрылымына қарағанда тығыз оралған, салыстырмалы түрде төмен сіңімділікке төзімділікпен ерекшеленеді.

Қиын балқитын металдардың басқа да кемшіліктері - бұл олардың ыстыққа төзімділігі және жоғары температурада тотығудан қорғау үшін түрлі жабындарды пайдалану қажеттілігі. Сонымен қатар, молибден және вольфрам қорытпаларына термодиффузиондық силицидті жабындыны қолданады.

Сонымен қатар, молибден және вольфрам негізіндегі қорытпалар жеткілікті технологиялық емес - олар нашар деформацияланады және дәнекерленеді. Тантал мен ниобий негізіндегі қорытпаларда осы кемшіліктер жоқ. Тантал қорытпаларын пайдалану құны жоғары және металдың жетіспеушілігімен шектеледі. Құрылыс материалдары ретінде, ниобий негізіндегі қорытпалар вольфрамның қатты ерітіндісінің қоспасы және MeC типті карбидтерімен диспергирленген қатаюды қосымша қатайтумен қолдана алады.

Қиын балқитын металл қорытпаларын қолданудың негізгі саласы жоғары температуралы газды салқындатқыш реакторлары мен термоядролық реакторлардың құрылымдарының элементтері, алдағы уақытта - ядролық энергия көздері бар ғарыштық аппараттарда, электрлі термо булы және басқа құрылғыларда. Вольфрамның маңыздылығы конденсаторларға арналған материал ретінде шамдар мен танталдың талшығына арналған материал ретінде танымал.

Сонымен қатар, супер қорытпалардың мүмкіндіктері шегіне жақындағанын ескеру қажет. Сондықтан, металлургиялық үрдістер мен технологияларды өңдеу саласындағы жаңа жетістіктер осы материалдарды қажетті өндірістік қасиеттерге ие бола алатын жағдайда болашақта металдан тазартушы металдар әуе-ұшу қондырғылары үшін перспективті материалдар ретінде қарастырылуы мүмкін

Цирконий бар ниобий қорытпасы (1 салмақ %) жақсы дайындалуымен және шағын термиялық нейтронды түсіру қиылысымен сипатталады. Ол сұйық металдар бар ядролық жүйелерде кеңінен қолданылады және 980...1200°C температурада жұмыс істейді.

Импульстік шамдарда жоғары электр кедергісіне байланысты 3% ренийлі вольфрам қорытпасы қолданылады.

Титанның (0,5%) және цирконийдің (0,1%) шағын қосындыларымен легирленген молибден қорытпасы болаттың қысымымен құйылатын, алюминий, мырыш және мыс құюға арналған құймаларды дайындау үшін қолданылады. Сондай-ақ, ол үлкен турбиналық дискілердің изотермиялық штамптары үшін аспаптық материал ретінде қолданылады.

Кейбір арнайы құрылымдарда әртүрлі балку температурасында бірге ерімейтін компоненттерден тұратын псевдо қорытпалар деп аталатын қорытпалар қолданылады. Вольфрам ұнтағынан алдын ала дайындалған, кеуекті құрылымы 1 200 ... 250 °C дейін температурасында сіңіріледі, құрамында сұйық металл компоненті - мыс немесе күміс бар. Тотығуға төзімділікті арттыру үшін кеуекті псевдо қорытпалардың хромдалған қаптамасы жүзеге асырылады.

W-Cu және W-Ag псевдо қорытпаларының қасиеттерін композициялардың құрамын варррр кең ауқымда өзгерте алады. Псевдо қорытпалары таза вольфрамға қарағанда артық жылу және электр өткізгіштікке ие. 1000 °C температурасында таза вольфрамның

жылу өткізгіштік қабілеті 120 Вт / (м • К) құрайды, ал псевдо қорытпалар W 20% (көл.) Cu - 135 Вт (м • К) құрайды.

2 000 °С жоғары температурадағы мысның булануы таза вольфрам мен псевдо қорытпаларды пайдалану қасиеттеріндегі айырмашылықты біршама өзгертеді. Мыс пен бұға байытылған шекті қабаттың булануы үшін шығындалған жылу ағыны мен жанармайдың жану өнімдерінің материалдағы эрозиялық әсерін айтарлықтай төмендетеді.

W-Cu және W-Ag псевдо қорытпалар зымырандар мен электротехникада қолданылады. Олардың ішінде саңылаулар қатты отынмен жұмыс істейтін ракеталық қозғалтқыштардан және жоғары жылу ағыны жағдайында жұмыс істейтін басқа бөліктерде жасалады. Төменгі балқытылған мысдың ерітіндісі мен булануы қиын балқытын вольфрамды қарқастың қызып кетуіне жол бермейтін қызудың маңызды сіңіруімен бірге жүреді. Тесіктерде сұйық метал бар болса, жалған қорытпаның температурасы материалда әрекет ететін жылу ағынының мөлшеріне қарамастан, оның қайнау нүктесінен жоғары көтере алмайды.

W-Cu және W-Ni-Cu псевдо қорытпаларынан тотықсыздандыратын ортада немесе майда жұмыс істейтін жоғары вольтты ажыратқыштар немесе дәнекерлеуге арналған электродтар, газды салқындатылған саңылаулар және қуатты дәнекерлеуге арналған кірістірулер, плазмохимиялық және металлургиялық плазмотрондар үшін электрелектродты кірістірулер үшін контактілер жасалады. 50% кеуектілігі бар W-Cu псевдо қорытпаларды дәнекерлеуге арналған кеуекті шүмектерді 10 % (көл.) құрайды. 10 минут ішінде 200 А ток ішінде жұмыс істейтін мыстар салмағын жоғалтпайды, ал бір кеуекті вольфрамнан алынған саңылаулар массасы осы кезде 2,2% төмендейді. Кеуекті псевд қорытпалардың жоғары қарсылығы вольфрамды қорғайтын мыс оксиді қабатының жұмыс беттерінде қалыптасумен байланысты.

W-Ag псевдо қорытпалардан дәнекерлеуші аппараттарға арналған электр дәнекерлеуге, жарық қосқыштарына, әуе кемелеріне арналған жабдықтарға, стартерлерге, вибраторларға, ток түрлендіргіштеріне байланыстар жасалады. Вакуумдағы жұмыс үшін вольфрам ұнтағынан алынған және күміс, алтын, қалайы, Вуд қорытпасынан сіңірілетін өзін-өзі жағатын мойынтіректерді пайдалануға болады.

7.2. Суыққа төзімді болаттар

Негізгі ақпарат. Суыққа сынғыштық құбылысы, яғни, төмен температуралардың әсерімен байланысты сынғыштық, ең алғаш рет XIX ғасырдың аяғында теміржолдың тез құрылысына байланысты кеңінен талқыланды. Температура төмендегенде құйылған металдан жасалған рельстер кенеттен сынып кеткендігі айтылды. Сол кезден

бастап металдардың суыққа сынғыштығының табиғатын зерделеу және оны жою бойынша шаралар әзірлеу қажеттілігі өзекті болды.

Дәнекерлеу сияқты өндірістік технологиялық процесті инженерлік практикаға енгізгеннен кейін дәнекерленген теміржол көпірлерінің, теңіз кемелері, мұнай қоймаларының, магистральдық газ құбырларының ірі апаттарының саны артты. Бұл жағдайда жазатайым оқиғалар жиі қысқы мезгілде жоғары ендік кезінде байқалды, бұл төмен температура мен желдің әсерлесуі. Сынуларды талдау көрсеткендей, іс жүзінде оқиғалардың жартысында дерлік дәнекерленген буындардың ақауы бар жерлерінде сынулар басталды. Суыққа сыну мәселесі арктиканың және антарктиканың аумағында дами бастады, ол жердің суығына байланысты ерекше өзектілікке ие болды. Қыста осы аудандардағы жабдық пен көлік тиімділігі күрт төмендейді. Солтүстік өңірлердегі автокөлік ұйымдарының жұмысына талдау көрсеткендей, климаттық жағдайлармен байланысты қалыпты типтегі авто көліктердің қызметі қалыпты климаттық аймаққа қарағанда 2 есе қысқарылған, сондай-ақ көлік аппараттары мен сынулар, климаттық шарттарына байланысты 25% -ына дейін көліктерді реттен шығарған. Сібірде тау экскаваторларының қыс айларында сыну саны 5 - 7 есеге артады. Бұл жағдайда, тоқтағаннан кейін көліктерді іске қосу кезеңі өте қауіпті.

Соңғы жылдары суыққа төзімді көліктер жасаудың жылдам дамуы, кондиционерлер мен криогенді жабдықтардың өндірісі тән.

Криогенді технологияны дамытуға ынталандыру ғарыштық және ядролық бағдарламаларды енгізу болды. Криогендіктің түрлі шаруашылық және ғылыми салаларда үлкен перспективаларға ие. Төмен температуралық технологияларды одан әрі дамытудың маңызды факторы - бұл жағдайларда жұмыс істеуге жарамды материалдарды жасау болып табылады.

Суыққа төзімді және криогенді жабдықты жобалау және өндіру төмен температураларда материалдардың сыпаттамаларын терең білуге, материалдардың жұмыс істеуі мен ұзаққа төзімділігін бағалаудың сенімді әдістеріне, материалдарды іріктеуге арналған ғылыми негізделген ұсыныстарға негізделуі керек.

Төмен температурадағы қызмет ерекшелігі - материалдың икемділік пен тұтқырлығына қойылатын талаптарды күшейту. Әдетте, ең төменгі жұмыс температурасы тұтқырлықты сынғыш өтудің температурасы бойынша анықталады, онда тұтқырлық айтарлықтай аз мәндерге түседі. Әртүрлі конструкторлық және технологиялық факторлардың, бөлшектердің мөлшері, қалдық кернеулердің деңгейі, көліктер мен құрылымдардың сенімділігі бойынша кернеу мен жүктеме жағдайының түрлері сандық бағалаудың күрделілігі белгілі бір жағдайларда жұмыс жасау материалдарды пайдалану үшін нормативтік ұсыныстарды жасауды қиындатады.

Төмен температураларда қолданылатын металл материалдардың суыққа төзімділігі шартты түрде төрт негізгі топқа бөлінеді

Бірінші топқа металдар мен қорытпалар кіреді, олардың механикалық қасиеттерінің сипаттамалары оларды -60°C -қа дейінгі температурада, яғни төмен климаттық температурада, солтүстік өнімді деп аталатын өнімдер өндіру үшін - феррит және перлит кластарының ККО торымен жоғары сапалы көміртекті және қосылған болаттар кіреді.

Екінші топ құрамында 170 K (-103°C) дейін көміртегі мөлшері $0,2 \dots 0,3\%$ болатар, құрамында никель, хром, титан, молибден қосылған, мысалы, төмен көміртекті ферритті $2,5\%$ никельден тұратын $210,150\text{ K}$ ($-63,123^{\circ}\text{C}$) температурада қолданылатын болаттар, көміртегі бар болаттарға тұтқырлық пен иілгіштікті сақтайтын қорытпалар жатады.

Үшінші топқа қасиеттері нашарламайтын 77 K (-196°C - сұйық азоттың қайнау нүктесі) температурасына дейін қабілетті қорытпалар жатады, - $12\text{X}18\text{H}10\text{T}$, $0\text{H}9\text{A}$ түріндегі болат, қорытпалардың көпшілігі алюминий, титан, мыс негізіндегі болаттар, сыныққа бейімділігі байқалмайтынын көрсетеді. Жүктелген құрылымдар үшін никельді үнемдеу мақсатында $10\text{X}14\text{Г}14\text{H}4\text{T}$ ($\text{ЭИ}711$), $03\text{X}13\text{AГ}19$ ($\text{ЧС}36$), $07\text{X}21\text{Г}7\text{A}\text{H}5$ ($\text{ЭП}222$) типіндегі Cr-Mn және Cr-N-Mn болаттар қолданылады.

Төртінші топқа 77 K температурасынан төмен температурада жұмыс істейтін қорытпалар, ғарыш технологиясында қолданылатын материалдар, сутегі өндіру және тұтыну, эксперименталды физика кіреді. Мұндай температураларда жұмыс істеуге тек $03\text{X}20\text{H}16\text{AГ}6$, $10\text{X}11\text{H}23\text{TЗМР}$ ($\text{ЭП}33$) типті коррозияға төзімді жоғары қосылған болаттар, кейбір қола, никель, магниймен қосылған, алюминий қорытпалары және титан қорытпалары жарайды.

Болат төмен температураларда жұмыс істейтін механизмдерді, машиналар мен конструкцияларды өндіруге арналған негізгі құрылымдық материал болып табылады. Осы шарттарға арналған болаттар жоғары тұтқырлық пен икемділікпен қажетті беріктікті қамтамасыз етуі керек, күштік концентраторларға төмен сезімталдықты және сынғыш ақаулардың төмен үрдісін қамтамасыз етуі керек.

Оңтайлы құрылымға суыққа төзімді болатты таңдау әрдайым жанжалға қойылатын талаптар жүйесі арасында ымыраға келу болып табылады: жоғары беріктігі және қажетті тұтқырлығы мен икемділігі.

Температура төмендеген сайын, болаттың беріктік сипаттамалары өседі, ал тұтқырлығы мен икемділігі төмендейді. Сондықтан, осы жағдайларда жұмыс істеу үшін болатты таңдаған кезде, анықтаушы факторлар максималды жұмыс температурасында - әдетте бөлме температурасында, тұтқырлығы мен икемділігінде - ең төменгі температурада болуын қарау қажет. Суыққа төзімді құрылымдарда, сондай-ақ тоңазытқыш және криогендік машина жасауда пайдаланылатын болаттардың механикалық қасиеттері мен өнімділігі көптеген факторларға байланысты. Оларға, ең алдымен, кристалдық тордың түрлері, ноқат мөлшері және оның шекараларының күйі,

қоспаларды қосу кезіндегі элементтердің құрамы, металлдық емес қосындылардың пішіні мен өлшемдері кіреді. Сутегі құрамының артуы болаттың сынғыштығын арттырады. Дәнекерлеу ноқаттың өсуіне және қосымша гидрирлеуге әсер етеді, ол дәнекерлеумен қосылған суыққа сынғыштықты арттырады. Сонымен қатар, дәнекерлеу кезінде қыздыру ноқат шекарасындағы фазалық қайта құрулар мен қоспаларды үлкейте алады, ол сондай-ақ болаттың сынғыштығын арттырады.

Белгілі бір қиындық - қажетті икемділік пен тұтқырлық деңгейін таңдау. Дизайн стандарттарына суыққа төзімді құрылымдарға, қысымға арналған ыдыстарға, құбырларға және басқа да тоназытқыш және криогенді жабдықтарға арналған материалдардың әрбір түрі үшін ұсынылатын температура диапазоны көрсетіледі. Ең төменгі жұмыс температурасы тұтқырлықты сынғыш өтудің температурасы бойынша анықталады, онда тұтқырлық күрт төмендейді.

Қазіргі уақытта төмен температураларда жұмыс істеу үшін материалдардың жарамдылығы туралы деректерді жүйелендіру жоқ. Бұл әртүрлі құрылымдық және технологиялық факторлардың (бөлшектердің мөлшері, қалдық кернеулер деңгейі, жүктеу шарттары, күш жағдайының түрі және т.б.) төмен температураларда жұмыс істейтін машиналар мен құрылымдардың сенімділігіне әсер етуінің сандық түсіндірілуінің күрделілігімен түсіндіріледі.

Иілгіштік және тұтқырлық құрылымдық есептеулерге кірмейді және сапалық көрсеткіштер болып табылады. Иілгіштік металдың қалдықты деформацияға ұшырау қабілетін сипаттайды және олардың шоғырлану аймақтарында кернеулерді қайта бөледі, ал тұтқырлық - сынған жағдайда сыртқы күштердің жұмысын сіңіру мүмкіндігі. Кәдімгі көлік жасауда егер $8\% > 15\%$ болған жағдайда, әдетте икемділік қанағаттанарлық деп есептеледі. Сонымен қатар, 20...77 K температурасында, хром-никель аустенитикалық болаттар $8\% > 40\%$ ие болса, ал аустениттық диспенсерлік-қаттылатын болаттары - тек $8\% > 10\%$ болса да, болаттың екі түрі де жұмыс істей алады.

Тиімділіктің кеңінен танылған критериясы - кеспелі үлгілердің соққыға беріктігі. Әртүрлі елдерде тұтқырлықтың әртүрлі қолайлы деңгейі қабылданған. Шетелде, әдетте, егер KCV соқпақлы тұтқырлығы болса, $10 \times 10 \times 55$ мм үлгілерінде анықталған төзімділігі кеспе радиусы 0,25 мм (Ширпи үлгісі) бар болса, әдетте, 20 ДЖ/ см² құрайды. Ресейде KCV > 30 ДЖ/ см² (KCU > 40 ДЖ / см²) қолайлы мәнін орнататын жиі қолданылатын 1 мм кеспелі радиусын қолданады.

Климаттық суықта болаттардың суыққа төзімділігі. Легирленген элементтер ноқаттар мөлшеріне, олардың шекараларының күйіне, санына, нысаны мен болатта орналасу фазаларына әсер етеді. Болаттың механикалық қасиеттері мен суыққа сынғыштығын ең алдымен күшейту механизмімен анықтайды: ноқаттың

майдалануымен; легирленген элементтер мен қоспалардың атомдары арқылы феррит күшейту, қатты енгізу ерітінділері және ауыстыруды қалыптастыру; әр түрлі дисперсия дәрежесіндегі екінші фазаның бөлшектерінің тұнбаларын қатайту.

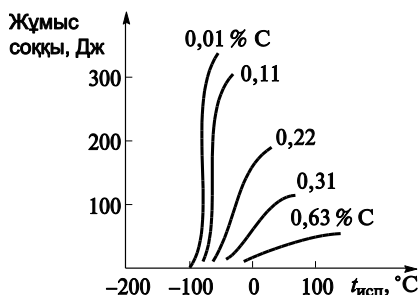
Көміртек, ол тиімді қатайтуға ықпал етсе де, болаттың тұтқырлығын және икемділігін елеулі түрде азайтады, бұл суыққа қатаюдың артуына ықпал етеді. Әрбір 0,1% -ға болаттың көміртегі құрамының артуы 20 °C дейін суыққа сынғыштық шегін арттырады (7.16-сурет).

Көміртектің құрамын азайту жылу әсеріне ұшыраған аймақта дәнекерлеу кезінде майсыз сөндіретін мартенситкалық құрылымдардың пайда болуына жол бермейді. Дәнекерленген суыққа төзімді болаттарда көміртегі мөлшері 0,2% -дан аз болуы керек және құрылымда аз перлит болуы керек (төмен перлиттік болаттар).

Марганецті 2% -ға дейін және кремнийден 0,8% -ға дейін көміртекті болатқа енгізу феррит матрицасын күшейтуге қатты қоспалы ерітіндінің пайда болуына байланысты күшейтеді. Марганецпен қосылу ноқатты майдалайды және феррит тұтқырлығын арттырады, бұл төмен температураларда жарықтың таралу жұмыстарын арттырады.

Титанның, ниобий мен ванадийдің қосындылары аз болатымен легирлеу матрицаны тиімді түрде нығайтуға мүмкіндік беретін VC, TiC, Nb (C, N), V (C, N) типтерінде майда дисперсті екінші фазалық шөгінділер алуға мүмкіндік береді. Бұл элементтер ноқаттың майдалануына және болаттың өсу үрдісін төмендетуге ықпал етеді. Ноқат шекарасында карбидтердің дисперленген бөлшектері және ниобий, титан және ванадийдің карбонитридтері пайда болады. Бұл элементтердің 0.15% -дан артық құрамда болуы төзімділігін арттырады, бірақ бір мезгілде болатты сынғыштық үрдістерін арттырады.

Құрылыс болаттарының суыққа төзімділігі және дәнекерленуге қабілетін жақсарту үшін көміртекті құрайтын элементтермен микро перлитті төмен құрамдағы көміртегі бар болаттар қолданылады. Бұдан басқа, әртүрлі комбинацияда азот қосылған болат ванадий, алюминий, ниобий және титан сияқты жиі пайдаланылатын күшті нитридті құрайтын элементтер. Азоттың қатты ерітіндісінен нитридтер түрінде шығарылуы оның эмбриттілуін азайтады, бұл болатты беріктігін арттырады, Фрезерлы астық, оның суық қарсыласуын төмендетпейді.



Бұл топтың болаттар құрамына 09Г2, 09Г2С, 09Г2СД, 16Г2АФ, 14Г2АФ, 14Г2САФ және т.б. типті болаттар кіреді. Никельдің жетіспеушілігіне байланысты бұл түрдегі болаттарда қолданылуы шектеулі. 14Г2АФ, 16Г2АФ болат типі және олардың нұсқалары 14Г2САФ, 16Г2САФ 1020 ... 1420 мм диаметрі бар газ құбырларын өндіру үшін қалыпты жағдайда кеңінен қолданылады. Олардың күші $\sigma_b = 560,600$ МПа, ал күкірт пен фосфордың құрамының 0,01% -ға дейін төмендеуі кезінде КСУ -60 ° С-де (213 К) соққыға төзімділігі шамамен 60 Дж / см².

20 °С (293 К) температурадағы механикалық қасиеттері, сондай-ақ осы топтың екі сұрыпталатын қалыңдығы 10,25 мм қалыңдығы болаттың беріктігі 7.10. кестеде келтірілген.

Хром болаттың беріктігін бірнеше арттырады және оның құрамы 1% дейін тұтқырлығын арттырады. Хром мөлшерінің 1,5% -дан астамын жоғарылату суыққа сынғыштық шегінің артуына әкеледі.

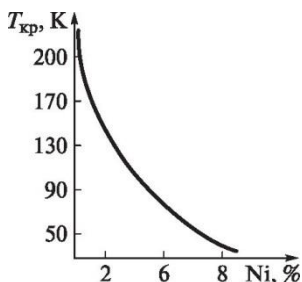
Барлық легирленген элементтердің ішінен никель болаттың суыққа сынғыштығын ең көп мөлшерде азайтады. Никель мен темір бір-бірінде толық ериді, кристалдық торлардың тығыз құрылымына ие. Никель - карбид жасайтын элемент болып табылмайды, ол феррит пен аустенитте катты ерітінді болып табылады. Никель ферритті нығайтады және бір уақытта оның тұтқырлығын арттырады. Никель болатты қаттылығын арттырады, ноқатты ұнтақтайды, сонымен қатар дислокациядағы қалдықтардың шоғырлануын азайтады және дислокациядағы қалдықтардың енгізу атомдары арқылы төгілуін азайтады.

7.17. суретте. Сынудың сыни температурасының болаттан жасалған никельге тәуелділігі көрсетілген. 1% никельді енгізгенде суыққа сынғыштық шегі 20 К дейін төмендейді.

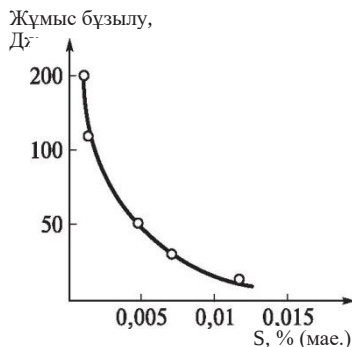
Молибденді 0,5% -ға дейін енгізу суыққа сыну шегін азайтады. Молибден фосфордың диффузиялық қозғалғыштығына әсер етеді және жіберу сынықтығын азайтады. Никельдің суыққа сынғыштық әсері молибденмен бірге аса тиімді.

7.10. Кесте. 09Г2С, 14Г2САФ маркалы төмен қосылушы балқымалы болаттардың механикалық қасиеттері

Болат маркасы	Термиялық өңдеу	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	Температурадағы КСУ, Дж/см ² , °С		
					20	-40	-70
09Г2С	Жеткізу жағдайы	500	350	21	60	40	30
14Г2САФ	930 °С температурада қалыптандыру	640	490	25	100	80	60
	Қатайту — жіберу	590	410	32	200	140	120



Сурет 7.17. төмен көміртекті болаттардың никельдің сыни температурасына қосылуының әсері



7.18. Сурет. Майда ноқатты микро қосылған болаттарда Шарпи үлгілерінің көлденең соқпаларына күкірт қоспаларының әсері

Суыққа сынғыштыққа бірден теріс әсер ететіні фосфор, күкірт, ерітілген газдар: оттегі, азот, сутегімен байланысты.

Күкірттің мөлшері артып келе жатқанда, күшті концентраторлар рөлін атқаратын сульфидті қосындылар саны артады. Осылайша, құйма болаттың 25 л көлеміндегі күкірт мөлшерінің артуы 0.02-ден 0.05% -дан 2 есе артық -40°C (233 K) температурада төзімділікті азайтады. Күкірттің мөлшерін 0.01% -ға жоғарылату суыққа сынғыштықтың шегін шамамен 15 K-ге дейін арттырады.

Күкірттің мөлшерін азайту парақтардың қаттылығын жылжымалылығы перпендикуляр бағытта ұлғайтуға мүмкіндік береді (7.18-сурет). Бұл тұтқырлық анизотропиясын азайтады. Құрылымында күкірт мөлшері 0.003% -дан аз болған жағдайда, созылмалы пішіндегі марганец сульфидтерінің қосындыларын тану қиын (тек металлографиялық).

Фосфордың эмбриртенуі күшті сегрегация және асқын концентраторлар, фосфит эвтектикасы арқылы ноқат шекараларын байытуға әсер етеді. Көміртектің құрамының артуымен фосфордың эмбриртену әсері артады. Фосфордың құрамының құйылмалы болат үшін 35 л көлеміндегі фосфор мөлшері 0.01% -ға ұлғаюы, сынғыштықтың сыни температурасын шамамен 20 K-ге дейін артады. Фосфордың зиянды әсері молибденмен қосылу есебіне айтарлықтай азайтылуы мүмкін.

Терең десульфурация және дефосфорация – сынғыштыққа жоғары төзімділікті қамтамасыз ету үшін қажетті жағдайлар.

Зиянды қоспалардың теріс әсері сирек кездесетін металдарды, сондай-ақ кальций мен цирконийді енгізу арқылы азаяды. Сирек кездесетін металдардың қоспалары суыққа төзімділікке оң әсерін тигізеді және құрылымдық болаттардың босатылуын азайтады.

Бұл жағдайда сирек-жер және сілтілік-жер металдары қатты ерітіндіге кірмейді және нокат шекараларын ластамайды, ал зиянды қоспаларды байланыстыратын металл емес қоспаларға толығымен өтеді. ТМҚ-ның түрі болып табылатын бақыланатын илемдеу металлдың тұтқырлығын арттыруға мүмкіндік береді. Басқарылатын илемдеу температурасы төмен температурада жүргізілетін деформацияның соңғы сатыларында төмендеу дәрежесін қатаң реттейді. Басқарылатын илемдеудің әсері болат ванадий мен ниобийді микроэлементтермен көбейтеді.

Монолитті 09ХГ2НФБ басқарылатын илемдеу нәтижесінде фабрикаға илектеу кезіндегі бақыланатын салқындату кезінде ванадий мен ниобий карбонитридінің фазалары диспергирленген бөлшектермен күшейтілген аз мөлшерде жұқа фракциялы ферритпен негізінен байнитикалық құрылымы бар. $O_{0.2} > 700$ МПа және $\sigma_b > 900$ МПа $S_5 = 20,5\%$; -60°C -де, $KCU = 104$ Дж / см^2 соққыға төзімділігі, ал $t_{50} = -100^\circ \text{C}$ сынғыштықтың сыни температурасы. Болат жақсы дәнекерленеді және дәнекерленген құрылымдарда құрылыста және көлік жасауда жауапты түрде қолдануға болады.

Автомобиль парағының және магистральды құбырлардың суық штамптары үшін жаңа болаттың класы пайдаланылуы мүмкін – температуралық арақашықтықта салқындату арқылы алынған екі фазалық ферритикалық мартенситикалық болаттар.

Бірқатар елдерде композициялық материалдар термині ретінде «дуалды құрылымды болаттар» термині қолданылады. Мұндай болаттар көбінесе кемінде 30% -дан кем мөлшерде ферритикалық матрицада күшейту фазасы (мартенсит немесе мартенсит-байнит қоспасы) болатын титан, ванадий немесе ниобийдің микро қосылғыштары бар төмен көміртекті композициялар болып табылады. Болттар ағуының кернеуінің төменгі мәндерімен сипатталады ($\sigma_{0.2} / \sigma_b = 0.4-0.5$), жоғары кернеудің беріктендіру қарқыны және Баушингердің әсерінің аз саны. Деформациялық беріктендірудің жоғары қарқыны жарықтың таралуы кезінде жұтылған энергияның жоғарлауына ықпал етеді, яғни. болаттың тұтқырлығын арттыру. Жақсы штамптау мен сваривтіліктің арқасында, олар суық паракқа және автокөлік бөліктерінің үлкен мөлшерін салуға арналған.

Солтүстік нұсқадағы теміржол көпірлерінде 10ХСНД орнына 12Г2МФТ болаты пайдаланылады. 12Г2МФТ қалыңдығы 40 мм қалыңдығына дейін жоғары беріктігімен ғана сипатталмайды, сондай-ақ кең температуралық диапазондағы жоғары сыну тұтқырлығы бойынша да сипатталады.

Балқытылған болаттардың суыққа төзімділігінің өсуі ерекше қиындық туғызады. Балқытылған болат раковиналар мен сызаттар түріндегі ақаулардың болуымен деформацияланумен ерекшеленеді. Балқытылған болат үлкен біріншілік нокаттарға ие және оның ұнтақтауы қиындық тудырады.

Қалыпты режимдегі жылу өңдеу құйылған металдың құрылымдық ерекшеліктерін толығымен жоймайды. Болаттың химиялық біртектілігін азайту үшін түпкілікті термиялық өңдеу алдында жоғары температурадағы гомогенизацияны жүргізу, содан кейін ауада салқындату қажет. Алайда мұндай операцияларды жүргізу әрдайым мүмкін емес. Массивті құю бөліктері кейбір жағдайларда тіпті жақсарту да қиын, олардың термиялық өңделуі әдетте қалыпты жағдайда ғана шектеледі.

Алғашқы ноқаттар шекарасында оксидтер, сульфидтер және нитридтердің өзара криталиттық пленкалары құрылады, оларда сынғыш қабаттар негізгі металлға қарағанда оңай таралады. Қысыммен өңдеу процесінде пленкалы ақпалар жойылып, ықшамды бөлшектерге айналдырылады, кемінде ембриттеуге айналады.

Балқымалы болаттардың ыстыққа төзімділігін мынадай шарттармен жақсартуға болады: егер жергілікті кернеулердің шыңдарын қалыптастыруға жол бермейтін біркелкі жұқа майда ноқаттар құрылымы құрылса;

металлдық емес қосындылар мен перлитті компоненттерінің санын және мөлшерін азайту, сондай-ақ оларды глобуляризациялау; құрылымдық біртектіліктерде сегрегацияларды құра алатын зиянды қоспалардың санын азайту.

Балқымалы болаттарда ноқаттардың ұнтақталуының ең перспективалы тәсілі, деформацияланған сияқты - ванадий, титан, ниобий, цирконий секілді карбид жасайтын элементтермен микроэлементтер болып табылады. Бұл элементтер болатта дисперстік карбидтерді немесе карбонитридтерді құрайды. Бұл жағдайда карбидтің немесе карбо-нитридтің түрі карбидті құрайтын элементтің санына, болаттың көміртегі мен азоттың мөлшеріне байланысты болады. Маңыздысы сәті - аустениттегі карбидтер мен карбонитридтердің ерігіштігі болып табылады. Карбидтердің ерігіштігі нитридтерге қарағанда әлдеқайда көп.

Балқымалы болаттар үшін ванадийдің қосылуы ең қолайлы. Ванадийдің карбонитритінің қалыпты температурасында Nb (C, N) және Ti (C, N) қарағанда аустенитке толығымен ериді, ноқаттың ұнтақталуын және дисперсиялық қатаюды қамтамасыз етеді.

Карбонитридтердің болаттардың қасиеттеріне ең тиімді әсеріне беріктендірудің екі механизмін біріктіру арқылы қол жеткізеді. Ең алдымен, аустенитизациялау температурасында ерітіндіде кейіннен қатайтуға жеткілікті карбонитратты құрайтын элементтің санын өткізу керек. Екіншіден, фазаның белгілі бір мөлшері ерімей қалуы керек, ол жылыту кезінде ноқаттың өсуін тежеу үшін және тиімді кедергілерді жасау үшін керек.

Осыған байланысты, майда ноқатты болат алу үшін, екі карбо немесе нитридті құрайтын элементтермен қосу жүргізу қажет, онда тиісті фазалардың қатты ерітіндіге өту температурасы әр түрлі.

Балқымалы болаттарда мұндай элементтер ванадий мен алюминий болуы мүмкін. Әдеттегі температурада балқымалы болаттардың қалыптылығы (шамамен 950 °C) ванадийдің карбонитридтері аустенитте ерітіледі, содан кейін дисперсиялық беріктендіріледі. Алюминий нитриді аустенитте ванадиді карбонитридіне қарағанда әлдеқайда жоғары температурада ериді, ол нокаттың өсуін тиімдірек тоқтатады.

Ванадий мен алюминийді біріктіріп қолданғанда, карбонитридтер немесе ванадий карбидтері дисперстік беріктендіру механизмін қатайтуды қамтамасыздандырады, ал алюминий нитридтері аустенит нокаттарды ұнтақтауға және оны қыздырғандағы өсуіне жол бермеуге көмектеседі.

Қосымша титан алюминий мен ванадийды бірге қоса енгізу төмен температураларда алюминий нитридтерінің қалыптасуының және алюминийлі нитридтердің шығарылуының алдын-алуының арқасында оң нәтиже береді.

Болаттың суық төзімділігін арттыру үшін зиянды қоспалардың абсолютті құрамын азайту ғана емес, сонымен қатар олардың теріс әсерін азайту маңызды. Балқымалы болаттардың суық төзімділігін едәуір жақсартуға мүмкіндік беретін тиімді технологиялық әдіс олардың сілтілі жер металдары бар күрделі лигатурамен өңдеу болып табылады. Алайда, мұндай лигатуралардың күкіртсіздену және модифицирлеу қабілеті негізінен болаттың деоксидация дәрежесі бойынша анықталады. Бұл сілтілі жер металдарының оттегі мен күкірттің жоғары жақындығына, ал болаттың төменгі алюминийі болған жағдайда олар негізінен деоксидация үшін пайдаланылады. Алюминий концентрациясының жоғарылауы кезінде болатта оттегінің қосылған мөлшері азаяды және осылайша сілтілі жер металдарының күкіртпен өзара әрекеттесу ықтималдығы артады.

Болатта қалған алюминий қалдығының концентрациясы 0,03% -дан аз болған кезде, нокат шекаралары бойымен орналасқан металл құрылымында сульфид эвтектикалық пленкаларының болуына байланысты соққыға төзімділігі азаяды. Бұл жағдайда сілтілі жер металдар бар лигатуралық болатпен өңдеу тиімді емес, себебі оның негізгі бөлігі деоксидацияға жұмсалады, ал болаттың сульфидтермен ластануы іс жүзінде өзгермейді (7.19-сурет). Сонымен қатар, металдың көлеміндегі металлды емес қоспаларды бөлу біркелкі сипатқа ие болады, ал болаттың жалпы ластану индексі 25 ... 30%. Енгізу мөлшері айтарлықтай дәрежеде азаяды (олардың болаттағы сипатты мөлшері, өңделмеген және өңделмеген лигатуралары тиісінше 3,75, 8,75 және 1,25, 6,25 мкм).

Кальций сульфидін қамтитын күрделі сульфидті қоспалар деоксидация өнімдерімен жақсы ассимиляцияланады

Осыған байланысты болатта, алюминий және сілтілік-жер металдарымен деоксидталған, сульфид қабығындағы тұндыру тотығы фазасы пайда болады. Бұл жағдайда Al_2O_3 алюминий оксидінің тік тұрышты пішінінің оксидті сегрегациясы металдың бөлігінің көлеміне біркелкі үлестірілген глобулярлы бөлшектерге айналады, бұл олардың теріс әсерін кернеу концентраторлары ретінде азайтады

Криогенді техника болаттары. Криогенді техниканы қолдану үздіксіз кеңейіп келеді. Криогендік технология дәстүрлі өндірістерде қал ақ салыстырмалы түрде жаңа (ракета жасау, энергияны ғарышты зерттеу, жоғары энергетикалық физика, криобиология, криомедицина, криоэнергетика және т.б.) болды.

Криогенді технологияны одан әрі дамыту төмен температураларда жұмыс істеуге жарамды материалдарды шығарумен байланысты. Қазіргі уақытта, және таяу болашақта, болат механизмдерді, машиналарды және құрылымдарды, осы жағдайда жұмыс істейтін негізгі материал болып қала береді. Криогендік техника үшін болатты жабдық жоғары тұтқырлық пен икемділікпен бірге қажетті беріктікті қамтамасыз етуі керек, кернеу концентрациясына төмен сезімталдықты және сынғыштыққа төмен бейімділікпен қамтамасыз етілуі керек.

Төмен температураларда жұмыс істейтін өнімдерді өндіру технологиясын ескере отырып, осындай болаттар жақсы дәнекерленушілікпен қамтамасыз етілуі керек. Болаттардың маңызды сипаттамасы олардың жоғары коррозияға төзімділігі болып табылады.

Тұрақты аустенитикалық болаттар. Төмен температура технологиясында кеңінен қолданылатын хром-никель аустенитикалық болаттары, құрамында 17...25 % хром және 8...25 % никель бар. Кең температуралық диапазондағы жоғары икемділік пен тұтқырлықты сақтай отырып, жақсы технологиялық қасиеттері бар коррозияға төзімділік қазіргі уақытта криогенді техникаға арналған ең көп таралған құрылыс материалдары болып табылады. Хром-никель аустенитикалық болаттарды аппараттардың, ыдыстардың, құбырлардың (раковиналардың, түбшелердің, салқындатқыш

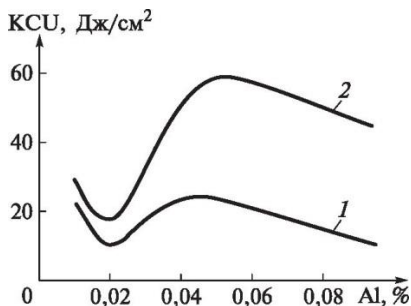


Рис. 7.19. Алюминийдің 12ХГФЛ болатының беріктігіне әсері:

1 және 2, тиісінше, өңделместен және сілтілік-жермен өңдеуде металдары

құбырлардың, фланецтің) дәнекерленуші элементтердің, арматура бөліктерін (шыбықтар, клапандар, ертоқым) және т.б. өндіру үшін қолданылады. Дәнекерленген қосылыстарға ұсынылатын жұмыс температурасы қысымның шектелмеген 4...870 К құрайды.

Бұл топтың кемшіліктері бөлме температурасында төмен төзімділік, әсіресе шығымдылықта (шамамен 250 МПа), сондай-ақ қымбат тұратын никельдің жоғары құрамына байланысты салыстырмалы түрде жоғары қымбатқа түседі.

7.11 кестеде криогенді технологияда жиі пайдаланылатын аустенитикалық болаттардың механикалық қасиеттерінің орташа мәндерін көрсетеді.

Негізгі легирленген элементтердің құрамына байланысты хром-никель аустенитикалық болаттардың екі түрі бар:

- 17,20% хром және 8...12% никель бар салқындату және деформация кезінде айтарлықтай мартенситикалық трансформациядан өтетін метастабильді болаттар;
- 17,25% хром және 14,25% никель бар тұрақты болаттар. Оларда мартенситикалық трансформациялар жойылып, аустенит құрылымы ең төменгі температураға дейін сақталады.

Никельдің жоғары құны никельдің марганецпен, сондай-ақ аустенит тұрақтандырғышымен толық немесе ішінара алмастырылған болатты (03X13AG19, 10X14G14H4T маркасы) құруға әкелді.

7.11. Кесте. Криогенді техникаға арналған аустенитикалық болаттардың механикалық қасиеттерінің орта мәні

Қосу жүйесі	Болат маркасы	T, К	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	KCV, Дж/см ²
Cr - Ni	12X18H10T	293	660	280	65	360
		77	1520	450	36	300
		20	1550	510	37	280
Cr - Mn	03X13AG19	293	890	380	63	200
		77	1300	730	31	125
		20	1330	900	12	100
Cr - Ni - Mn	10X14G14H4T	293	820	270	62	280
		77	1350	430	40	280
		20	1410	450	31	220
Cr - N - Mn	03X20H16AG6	293	780	410	52	160
		77	1550	900	48	100
		20	1930	1360	31	90
Cr - Ni - Mn	07X13H4AG20	293	760	370	69	150
		77	1290	680	50	110
		20	1700	1120	18	80

Олардың құрамына қосымша азот енгізіледі, ол аустенит құрылымын және қосымша катаюды (03X20H16AG6, 07X13H4AG20) қалыптастыруға ықпал етеді.

Азот, қатты енгізу ерітіндісін жасай отырып, аустениттің кристалдық торының параметрлерін едәуір өзгертеді және осылайша беріктік сипаттамаларына әсер етеді.

У-темірдегі 830 °C температурасындағы азоттың ерігіштігі тек 0,027% құрайды. Хром және әсіресе марганецтің болуы болатта азоттың ерігіштігін арттыруға көмектеседі. Азоттың енгізу элементінің әсер етуінің тиімділігі, ол дислокация қозғалысына кедергі келтіреді және шығымдылықты азайтады, температура төмендегенде көтеріледі. Аустенит тұрақтылығын жоғарылатумен азот жоғары температура кезінде 8-феррит қалыптасуына жол бермейді.

Хром-никель-марганец болаттарына азотты енгізу бөлме температурасында шығымдылық кернеуінің 1,5 есе ұлғаюына мүмкіндік береді.

Температураны төмендету кезінде азоттың әсер ету тиімділігі аралық элемент ретінде дислокация қозғалысын тежейді, шығыс шегінің жоғарылығына қарай одан әрі дамиды. Алмастыру элементтері ретінде хром, никель және марганец төзімділік қасиеттеріне аз әсер етеді, олардың рөлі аустенитикалық құрылымды қамтамасыз ету қажеттілігімен анықталады.

Азоттың легирленген элементі ретінде кемшіліктері оның болат құймаларын кристаллизациялау кезінде дәнекерлеуге бейімділігін және дәнекерлеу процестерінің кейбір қиындықтарын қамтиды.

Болатта азоттың бар болуы, дәнекерлеудің икемділігі мен тұтқырлығын төмендетуге және кернеулік концентраторларға сезімталдықтың жоғарылауына әкелуі мүмкін, нөқат шекаралары бойында карбонитридтердің шығындарын болдырмау үшін электр энергиясының белгілі бір шектеуін талап етеді.

Азоттағы дәнекерленген болаттарда көміртектің концентрациясын қатаң шектеу керек. Көміртектің құрамы аустенит құрамында ерігіштік шегіне жетуі керек, 0,03...0,04% аспауы керек. Болатта көміртектің төмен концентрациясын алу, балқыту кезінде белгілі бір қиындықтарды тудырады.

Төзімділігі жоғары мартенситті-тозуға арналған болат. Осы топтың болаттарының айрықша ерекшелігі - іс жүзінде көміртексіз қорытылған мартенсит пен оның 500 °C температурасында қайнату кезінде интерметаллы фазалардың бөлінуімен жүру кезінде алу. Бұл жоғары беріктікті қасиеттерін жеткілікті икемділік пен тұтқырлықпен қамтамасыз етеді. Төменгі температурада сынғыштық бұзылыстар қаупі, басқа да жоғары беріктігі бар болаттардан айырмашылығы, никельдің және көміртекті құрамның төмен болуына байланысты азаяды (03% аспайды). Легирленген элементтердің жоғары концентрациясы аустенит түріндегі трансформацияның мартенситтік емес өнімдерін қалыптастыруға кедергі келтіреді, бұл сөндіру кезінде салқындату жылдамдығына қарамастан.

Ресейде криогенді техниканың бөлшектерін өндіру үшін келесі құрамдағы мартенситті тозуға арналған болаттар пайдаланылады, %:

03X9K14H6M3Д (ЭП921): 0,03 С-ден кем; 8,5 ^ 9,5 Cr; 6,7 Ni;

13 ... 14 Co; 3 ... 4 Mo; 1.1.5 Cu;

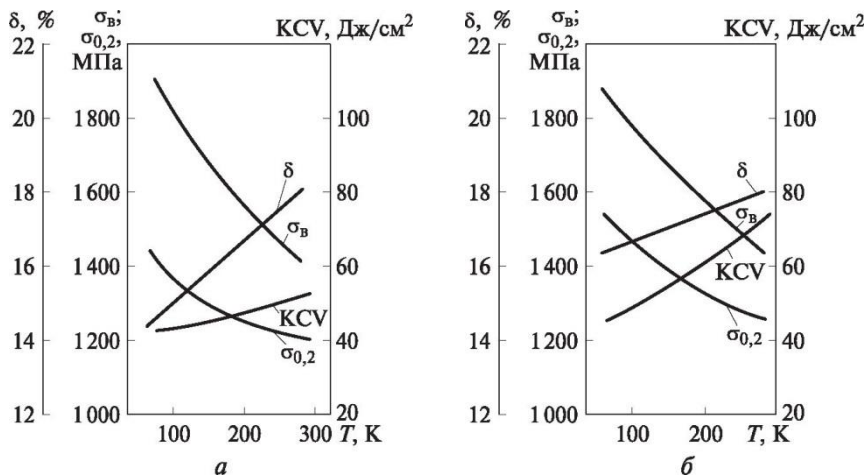
03X14K14H4M3Т (ЭП767): 0,03 С-ден кем; 13,5 ... 15 Cr; 3.8.4.8 Ni; 13.14.5 Co; 2,3,3 Mo; 0.15.0.2 Ti; 0,1,0,15 V.

ЭП921 болат біртекті мартенситикалық құрылымға ие, ал ЭП767 болат – өтпелі класс болаты болып табылады және 30% қалдық аустениті бар.

Кобальттың енгізілуі мартенситикалық трансформацияның сыни нүктесін азайтады. Кобальттың мартенситті тозуға арналған болаттардың механикалық қасиеттеріне әсері металдың матрицасына сәйкес келетін күрделі Co-Ni-Mo-Ti қосылыстарының пайда болуына байланысты оның тозу процесіне қатысуымен түсіндіріледі. Кобальт, никель тәрізді, молибденнің а-темірінде ерігіштігін азайтады және тозу кезіндегі беріктенуіне көмектеседі (жұмсартқыштық процесін кешіктіреді, жоғары дисперсті фазалардың коагуляция жылдамдығын төмендетеді).

Төмен температураларда мартенситті тозуға арналған болаттардың механикалық қасиеттері 7.20. суретте көрсетілген.

ЭП921 жоғары төзімділік пен қаттылықты төмен температураларда қанағаттанарлық икемділік пен тұтқырлықты біріктіреді. Хром құрамының белгілі бір төмендеуі төмен температураларда кешенді қасиеттерді жақсартуға ықпал ететін элементтерді енгізуге мүмкіндік береді.



Сурет 7.20. Мартенистік тозған болаттардың механикалық қасиеттеріне температураның әсері:

a — 03X9K14H6M3Д (ЭП921) болаты; *б* — 03X14K14H4M3Т (ЭП767) болаты

Болатқа (7% -ға дейін) никель енгізіледі, ал коррозияға төзімділікті арттыру үшін болат қосымша мыспен легирленеді.

ЭП921 болат ыстық күйде қанағаттанарлық деформация жасайды. Ұсынылған термиялық өңдеу режимі келесідей: біріншіден суда 860 °С температурасынан суыту; суда 730 °С температурасынан суыту; 3 сағат бойы 520 °С кезінде тозу; суда салқындату. Қатты күйде болат кесу арқылы қанағаттанарлық өңделеді және Св-03Х12Н9М2С сымының қосылуы арқылы дәнекерленеді.

ЭП921 жоғары тығыздықты және эрозияға төзімділігі жоғары комбинацияны қажет ететін турбозкспандер элементтері (роликтер, шпалдар, пышақтар) сияқты клапанды тығыздауға арналған жинақтардың бөліктерін қоса алғанда, жоғары жүктелген бөлшектерді өндіру үшін қолданылады.

ЭП767 болатының жоғары деңгейдегі қасиеттері оның құрылымын қалыптастыру шарттары бойынша айқындалады.

Төзімділіктің оңтайлы комбинациясы, төзімділіктің және тұтқырлықтың 1050 °С температурасынан, суық өңдеу мен тозудан 6 сағат бойы 520 °С температурадан үзіліс жасайтын термиялық өңдеу арқылы қол жеткізіледі. Осы термиялық өңдеудің нәтижесінде бөлме температурасында болатты механикалық қасиеттері (кем емес): $\sigma_b = 1450$ МПа; $\sigma_{0.2} = 1350$ МПа; $\delta = 15\%$; $KCV = 70$ Дж / см². $KCV > 50$ Дж/см² жоғары тұтқырлық деңгейі 77 К температурада 20 ... 30% қалдық аустениті құрылымның болуына байланысты сақталады.

Тозудың алғашқы кезеңдерінде ақ қарқынды қатаю үрдісі байқалады, бұл легирленген элементтерді қайта бөлу процестерімен және мартенситтің қартаюының табиғатымен байланысты. Тозу температурасының жоғарылауы атомдардың диффузиялық қозғалғыштығын және жаңа фазаның дисперсті бөлшектерінің санын көбейтеді. 6 сағат бойы 520 °С температурасында тозуы ең тиімді қатаюға әкеледі. Осылай бола тұра соққы кернеулігі 77 К температурасынан жоғарылығын сақтайды.

ЭП767 болаты қанағаттанарлық дәнекерленуге ие. Дәнекерлеуді сол композицияның сымымен орындайды. 293 К температурада термиялық өңделген дәнекерленген қосылыстар жақсы соққы беріктігімен кемінде 1 300 МПа уақытша қарсылыққа ие. 77 К температурада дәнекерленген металлдың тұтқырлығы төмендейді, бірақ құрамында 30 Дж / см² кем емес.

ЭП767 болаты ракета-ғарыш технологиясында күрделі конфигурацияның жұқа паракты конструкцияларын және 77 К температураға дейін жұмыс істейтін арматуралардың бөлшектерін (сполалар, штангалар, шыбықтар, тіректер, шыныаяқтар, клапандар, тәрелкелер және т.б.) өндіру үшін кеңінен қолданылады.

Болат және оның дәнекерленген қосылыстары атмосфералық жағдайда жоғары температурада және салыстырмалы ылғалдылықта 96,98% коррозияға төзімді.

Темірникельді қорытпалары. Криогендік қондырғылардың кейбір бөліктерін өндіру үшін, олардың өлшемдері температура өзгеруіне байланысты өзгермеуі керек, никельмен жоғары қорытылған инверсты қорытпаларын қолданады. 36% никельден тұратын қорытпалар ТСКК ие 50...100 К температурасында 10 - 20 есе никель мен хром никельді болаттардан, сондай-ақ алюминий қорытпаларынан кем.

Инварлардан 20 К температураға дейін (мысалы, зымыран қозғалтқышының сұйықтық құбырлары), пайдалану шарттарына сәйкес температура өзгеруімен минималды өлшемді өзгерістерге ие арматураның кейбір элементтері жұмыс істейтін, күрделі кеңістіктегі қатты қатқыл құбырлар шығарылады. Материалдың ТСКК төмен маңыздылығы құбырлардағы кернеулерді азайтуға және олардың жойылуын болдырмауға мүмкіндік береді. Құрылымды жеңілдететін деформацияларды өтеу үшін оны нығайтуға және оны сенімдірек етуге арналған симфонды бөліктерін орнатудың қажеті жойылады.

Инварлар ферромагниттік болып табылады, кристалды КШОторына ие, термиялық өңдеу арқылы қатайтылмайды және иілгіштік деформациялар арқылы нашар қатайтылады. Инвар төмен жылу өткізгіштікке ие, аустенитикалық болаттарға қарағанда екі есе кем, бұл әсіресе жылу ағындарын азайту қажет болған тораптарда пайдаланғанда өте маңызды.

Инвардың төзімділік қасиеттері жоғары емес: $\sigma_{0,2} = 240$ МПа; $\sigma_b = 420$ МПа. 20 К температураға дейін салқындаған кезде, шығымдылық шегі 3 есе көбейеді, ал уақытша қарсылығы 2 есеге дейін артады. Қорытпаның икемділік модулі болатқа қарағанда төмен: $293 \text{ К } E = 145 \text{ ГПа}$. Циклдік беріктікке сәйкес, инвар коррозияға төзімді болат 12Х18Н10Т жақын. Инвардың соққыға тұтқырлығы температура төмендеген сайын азаяды, бірақ қорытпа оның жоғары мәндерін сақтайды және тұтқырлығы 4 К-ге дейін үзіледі.

Хром-никель аустенитикалық болаттармен салыстырғанда, инвар төмен коррозияға төзімділікке ие. Никель, темірге қарағанда анағұрлым коррозияға бейімді болса да, оның ішінде атмосфералық жағдайларға бейім. Инвардың коррозиясының жылдамдығы көміртекті болаттарға қарағанда 5-6 есе аз.

Темір-никель қорытпалары қанағаттанарлық түрде мөрмен қапталған, жалған, илектелген, кесу арқылы өңделеді. ТСКК одан әрі азайту үшін, инварлар, $840 \text{ }^{\circ}\text{C}$ температурасынан суып, $315 \text{ }^{\circ}\text{C}$ температурада және $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ температурасында 50 ... 100 сағатқа дейін картаюдан тұратын термиялық өңдеуден өтеді. Темір-никель қорытпалары қанағаттанарлықтай дәнекерленеді. Әдетте аргонды ортада доғалы дәнекерлеуді қолданады. Толтырғыш материал ретінде ұқсас құрамды сым қолданылады. Дәнекерленген қосылыстар термиялық өңдеуді қажет етпейді, олардың беріктігі негізгі металдың беріктігіне жақын.

7.4. Болаттар және қорытпалардың ерекше физикалық қасиеттері

Магнитті болаттар мен қорытпалар. Белгісі мен магнитті дәрежесіне қарай қабылдау материалдарды диамагнетикалық, парамагнетикалық және ферромагнетиктер деп ажыратады.

Диамагнетиктер теріс магнитті қабылдауға ие, сондықтан магниттік өріске қоса магниттеліп осылайша магниттік өрісті әлсіретеді. Диамагнетиктерге шала өткізгіштер (Si, Ge), диэлектриктер (полимерлер), мұндай металдар, бериллий, мыс, күміс, қорғасын сияқты металдар жатады.

Парамагнетиктер сыртқы өріс әсерінен әлсіз магниттеліп тұрғаны сипатталады. Парамагнетиктерге калий, натрий, алюминий және молибден, вольфрам, титан сияқты өтпелі металдар жатады.

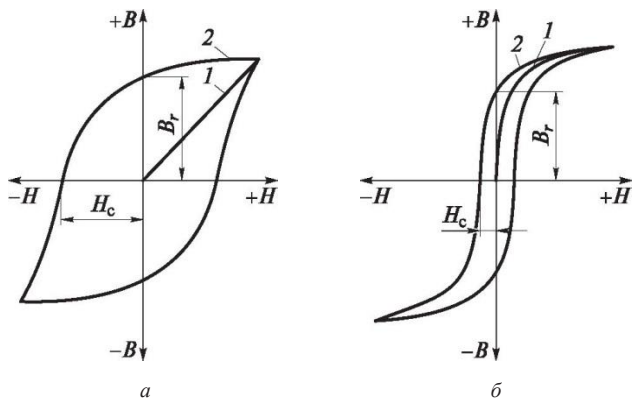
Ферромагнетиктер жоғары магниттік өрісті қабылдауға ие. Барлық металдарға қарағанда тек төрт металдар: темір, кобальт, никель, гадолиний — жоғары ферромагнитті қасиеттерге ие.

Гистерезисті ілмектер ферромагнетикалық алаң ішіндегі энергетикалық шығындар, гистерезис немесе қайта магниттелген деп сипатталады.

Ферромагнитті материалдар үшін негізгі сипаттамалары қалдық индукция B_r .

коэрцитивтік күш H_c және магниттік өтімділік $\mu = B/H$, мұндағы B — магниттік индукция; H — магнит өрісінің кернеуі болып табылады. Индукцияның қалдығы өлшенетін ($1 \text{ Тл} = 10^4 \text{ Гс (гаусс)}$), магнитті өріске қосқанда және магнитті өрістен шығарған кезде бастапқы үлгісінде қалатын магниттеу магниттік индукция деп аталады. Коэрцитивті күшпен, метрлі ампермен өлшенетін (A/m) магниттік өрістің кернеулігі кері белгісі деп атайды және оған қоса магниттелу үлгісі үшін тапсырылуы тиіс. Магниттік өтімділік μ генри метрмен өлшенеді ($1 \text{ Гн/м} = 10^7/(4\pi) \text{ Гс/Э}$), магниттелу қарқындылығын сипаттайды және тангенс бұрышының бастапқы қисық магниттеу $=f(H)$ ретінде анықталады.

Гистерезисты қисық түріне қарай және негізгі магниттік сипаттамалары мәндеріне қарай қатты магнитті және магнитті жұмсақ қорытпалар деп ажыратады. Қатты магнитті қорытпалар (7.21 сурет, а) кең гистерезис ілмегімен жоғары коэрцитивті күш H_c мәнімен сипатталады және тұрақты магниттерді жасау үшін қолданылады. Магнитті жұмсақ қорытпалар магнит өрістерінің өзгертін және үздіксіз қайта магниттеген жағдайларында пайдаланылады. Магнитті жұмсақ қорытпалар гистерезистің жұқа ілмегі бар, шағын маңызы бар коэрцитивті күш H_c және гистерезис шағын шығындар (7.21 сурет, б) сипатталады. Олардан трансформаторлардың өзекшелерін, электр қозғалтқыштарын және генераторларды, әлсіз техникалардың



Сурет 7.21. В магниттік индукциялық тәуелділігі магниттік шиеленіске байланысты Н өріс:

а — катуы магнитті материалдар; б — жұмсақ магнитті материалдар; 1 — бастапқы кысық магниттеу; 2 — гистерезисті кысық магниттеу; B_r — қалдық индукция; H_c — коэрцитивтік күш болып бөлінеді

бөлшектерін дайындайды яғни мұндай бұйымдар көп реттік ауыспалы магнитталуға ұшырайды.

Қатуы магнитті материалдар. Мұндай материалдар жоғары мәндерімен коэрцитивті күшке ие болуы тиіс және қалдық индукция, жоғары деңгейін осы қасиеттерін ұзақ уақыт бойы сақтай отыруы керек.

Тұрақты магниттерді жоғары көміртекті болаттың мартенситті құрылымы шамамен құрамында 1 % көміртегі, қосымша қоспаланған хроммен (3 %) (EX3), сондай-ақ бір мезгілде хроммен және кобальтпен (EX5K5, EX9K15M2) қолданады. Мысалы, болат EX6K6 құрамында 1 % көміртек, 6 % хром мен 6 % кобальт бар. Қоспаланған элементтер магниттік сипаттамаларды арттырады және бір мезгілде механикалық және температуралық тұрақтылық магниттерді жақсартады. Бұл болаттар қалыпқа келтіру, шындау және төменгі босатуға ұшырайды.

Магниттік қорытпалардың қоспаланған элементі маңызды, максималды коэрцитивті мәндерге әсер етуші күші, вибрацияның әсерінен магниттелмеген және жоғары температурада кобальт болып табылады.

Жоғары магниттік қасиеттері бар қорытпалар Fe—Ni—Co(ГОСТ 17809-72), немесе балқымаларымен альнико үлгідегі деп аталады немесе ЮНДК (7.12. кесте).

Бұл қорытпаларды дәл сол болаттардағы әріптермен таңбалайды. Альнико үлгідегі қорытпалардың жетіспеушілігі олардың жоғары қаттылығы, сынғыштығы және нашар өңделетіні болып табылады Сондықтан, магниттерді құйылған және шлифті өңдеу арқылы дайындайды.

7.12. Кесте. Құйма қорытпаларының химиялық құрамы және магниттік қасиеттері тұрақты магниттер үшін альнико үлгісі

Сплав	Құрамы, %					Магниттің қасиеті		
	Ni	Al	Co	Si	Басқа элементтер	$BH_{max}^{\rightarrow}$ кДж/м ³	H _c , кА/м	B _r , Тл
						не менее		
ЮНДК31ТЗБА	12... 13,5	6,8...7,2	30,5...31,5	3... 3,5	3 ...3,5Ti; 0,9... 1,1 Nb	32	92	1,15
ЮНДК40Т8АА	14... 14,5	7,2 ...7,7	39...40,6	3... 4	1... 8 Ti; 0,1...0,2 Si	32	145	0,9
ЮНДК35Т5БА	14... 14,5	6,8...7,2	34,5...35,5	3,3...3,7	0,8... 1,1 Nb; 4,7...4,5 Ti	36	110	1,02
ЮНДК35Т5АА	14... 14,5	—	34...35	2,5... 3	5... 5,5 Ti; 0,1...0,2 Si	40	115	1,05

Ескерту. БА әріптері қорытпалардың бағана құрылымын, ал АА әріптер — монокристаллды құрылымын білдіреді.

термиялық өңдеу 1250 „l 280 °C температурасын шыңдаудан, нақты әрбір қорытпаның салқындату жылдамдығымен және 580 „600 °C температураны өткізуден тұрады. Егер қуатты магнитті өрісінде салқындатудан кейін шынықтыру жүргізсе онда магниттік қасиеттерін жақсартуға болады.

Альнико түріндегі магнитті қорытпаны дайындау үшін шағын және нақты мөлшерлері бойынша ұнтақ металлургия әдістерін қолданады. Құрамы бойынша қыздырылған қорытпалар құйылмылы қорытпыларға ұқсас, оңай өңделеді, бірақ магниттік қасиеттері бойынша олардан біршама төмен.

Магнитті жұмсақ материалдар. Негізгі қойылатын талаптар: магнитті жұмсақ материалдары коэрцитивті күштердің төмен мәні және жоғары магниттік өтімділік, сондай-ақ шағын шығындар кезінде қайта магнитты және құйынды токтар болып табылады. Бұл талаптарды қанағаттандыру үшін металл гомогенді құрылым болуы тиіс, таза қоспалардан және қоспалардың үлкен құрылысы ішкі кернеулерден бос болуы керек.

Магнитті жұмсақ материалдар. Негізгі қойылатын талаптар: магнитті жұмсақ материалдары коэрцитивті күштердің төмен мәні және жоғары магниттік өтімділік, сондай-ақ шағын шығындар кезінде қайта магнитты және құйынды токтар болып табылады. Бұл талаптарды қанағаттандыру үшін металл гомогенді құрылым болуы тиіс, таза қоспалардан және қоспалардың үлкен құрылысы ішкі кернеулерден бос болуы керек. Көміртегінің құрамы 0,025 % аспауы тиіс. Жабысуды жою үшін және ірі нокат табақты металды алу үшін атмосферада безо кислителді күйдіру, жоғарғы температураға ұшырайды. Техникалық таза темірді реле дайындау, өзекшелерді, электромагниттерінің жұмысын тұрақты ток үшін қолданады. Қайта магниттелген кезде төмен меншікті электр кедергісін арттырады. Сондықтан құралдарды тұрақты магнетитті өрісін қолданылуы шектеледі.

Электр техникалық немесе төменгі көміртекті болат жоғарғы электр кедергісіне және қосымша 0,8."4,8% қоспаланған кремнийге ие (МОСТ Р 53934-2010 және МОСТ Р 544802011). А-темірмен қоспаланған қатты ерітіндісі кремний түзеді. Кремнийді қосқанда құйынды токтарды азайтады немесе магниттік өтімділікті арттырады және гистерезис шығындарды төмендетеді. Дегенмен кремнийді шамамен 4% ұстау кезінде болаттар қоюланады, сол себептен жұқа парақты темірді алуды қиындатады.

Электртехникалық болат табақты илектеуден кейін жоғарғы температуралық вакуумда немесе құрғақ атмосферада сутегі 1 100... 1200 °C температурада күйдіруге ұшырайды. Жылу жоғалту кезінде кремнилік болаттардың өзекшелері (1 мм-ден кем) жұқа беттік қабаттарда оқшаулау материалдарынан дайындайды.

Электр машиналарының осындай негізгі бөлшектері, электр қозғалтқыштары, генераторлар, трансформаторлар, дроссельдер сияқты

және т. б. магнит өткізгіш болып табылатын жұқа парак трансформаторлық болаттан (transformersteel) жасалған. Технологиялық операциялардан кейін (қалыптау, кесу және т. б.) қажетті магнит сымдардың бөлшектерін дайындау үшін, жабысуды болдырмау үшін және 1 100...1 200 °С температурасында ірілендіру кезінде күйдіреді содан соң атмосферада сутегі түзіледі.

Әлсіз магнит өрістерінде жұмыс істеу үшін, мысалы, телекоммуникациялық жүйелерде пермаллои қолданады, яғни қорытпалар Fe—Ni никельдің белгілі бір құрамын (шамамен 79 %) білдіреді. Кейде оларды молибден және хроммен қосымша қоспаландырады, олардың магниттік өтімділігін қорытпалардың икемділік бұзылуын жөндеу қабілетін арыттыру. Жоғарғы никельді пермаллои 79НМ, 81НМА әлсіз өрістерде өте жоғары магниттік өтімділікпен сипатталады, онда таза темірдің магниттік өтімділігі ондаған еседен асады. Вакуумды қайта жүзу кезінде, таспада айналдырады және парактары магнит сымдарды, күйдіруден кейін 1 100... 1 300 °С температурада вакуумда немесе сутегіде пермаллоиды алады.

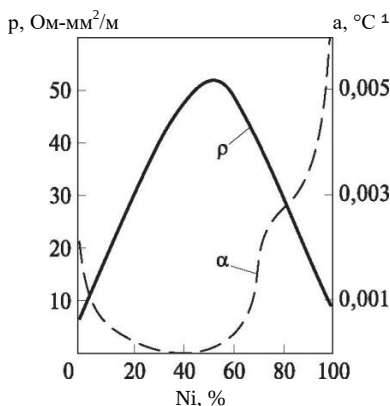
Әлсіз өрістерде жұмыс істеу үшін (радио, телефон) қымбат пермалы алмастырғыш—альсифер қорытпалар құрамында 5,4 пайыз алюминий, 9,6 % кремний, қалғаны темір әзірленді. Әл - сифердің Нәзіктігіне байланысты жұқа қабырғалы құймалы бұйымдар жасайды немесе ұнтақты металлургия әдісімен дайындайды.

Электротехникалық болаттар және қорытпалар. Болат және қорытпалар (ГОСТ 21427.1—83, ГОСТ 21427.2—83) осы типті электр энергиясын жылуды түрлендіру үшін пайдаланады немесе керісінше, ең аз электрлік кедергісі бар материалдар ретінде қолданылады. Бірінші топ электр техникалық қорытпалардың жоғарғы электр кедергісі және электр қыздырғышы бар элементтер мен реостаттарды дайындау үшін қолданады.

Қорытпалар жоғары электр кедергісі қатты ерітінділер жоғары концентрациясы болып табылады, оның электр кедергісі қисық сызықты заңы бойынша өзгереді (7.22 сурет) және таза компоненттердің электр кедергісін әлдеқайда арттырады, бірақ температурасын өзгерткен кезінде электр кедергісін айтарлықтай өзгермеуі тиіс.

Реостатты қорытпалар ретінде мыс қоспалары бар никельді, марганец және мырышты қолданады.

Мысты никелді қорытпалар құрамында никель 40.50% (константан МНМц40-1,5, копель МНМц45-0,5) барынша көп электрлік кедергі бар, бірақ температурада аса дерлік өзгермейді. Олардың ең жоғарғы жұмыс температурасы окалинді туындау 500 °С жоғары болмауы тиіс. Окалинді тұрақты қызмет мерзімі пештердің қыздыратын элементтері мен аспаптарын анықтайды немесе айтарлықтай жоғары температураға ие. Ферритті болаттар үшін қыздырғыштарды қоспаланған хроммен және алюминиймен (хромали), сондай-ақ қорытпалар негізіндегі, хром мен никель, мысалы Х20Н80 нихром



Сурет 7.22..Электрлі қорытпалардың қасиеттері

а — электрлі кедергісінің температуралық коэффициенті; ρ — электрлі кедергі

Осының материалдар ретінде қорытпаларды қолданбайды, ал таза металдар: мыс, алюминий, кейде күміс. Өткізгіш металдар қоспалардың ең аз санын қамтуы тиіс, өйткені қоспалану электр кедергісін арттырады. өткізгіш материалдардың ерекше тобын аса жоғарғы өткізгіш құрайды.

Жоғарғы өткізгіш және жоғарғы өткізгіш материалдар. Температураны төмендету кезінде монотонды электр кедергісінің құлауы байқалады. Абсолюттік нөлдің жанында көптеген металдар мен қорытпалар электр кедергісінің күрт құлдырауы және олар аса өткізгішті болады (7.23 сурет).

Жоғарғы өткізгіш — материалдардың электр тогы төмен температурада және олар үшін сыни температура $T_{кр}$ қарсылық көрсетпейді.

Алғаш рет жоғарғы өткізгіштікті 1911 ж. голланд ғалымы Гейке КамерлингОннес тапқан, ол түрлі секіргіштің сынап кедергісінің жоғалуы орасан кіші шамасын 4,2 К температурасында бақылады.

Осы уақытқа дейін жоғарғы өткізгіштік таза металдардың басым көпшілігінде табылған, әрі жоғарғы өткізгіштік жағдайы бәрінен бұрын төмен жәй өткізгіште оңай туындайды. Үш мыңға жуық аса жоғарғы өткізгішті қорытпаларды және интерметаллды қоспаларды зерттеп ашты, сонымен қатар олардың саны үздіксіз өсуде. Таза металдарды бірінші текті аса жоғарғы өткізгішке, ал қорытпалар мен қосылыстарды

шамамен 20 % қамтитын хром және 80 % никель қолданылады. Оның рұқсат етілген жұмыс температурасы 1 150 °C кем емес болуы керек. Молибденді жылытқыштар, аса жоғары (дейін 1 500 °C) температурада пайдаланулар кезінде ыстыққа беріктігі төмен тек вакуумда немесе инертті газдар ортасында жұмыс істей алады. Термобу дайындау үшін сым

ғана қажет емес, сонымен қатар

жоғары ыстыққа берік, бірақ тік электрлі жылжымлы күшінің температурасына тәуелді материал ретінде электродтарды термобуда сымды платинаны қолданады (бірінші электрод) және қорытпа платина 10 % (екінші).

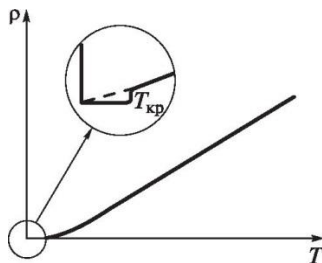
су үшін сұйық болаттарды қолдануға болады.

ін (1 000° C дейін) никель қорытпаларының 2% м (хромель) қолданылады.

екінші текті аса жоғарғы өткізгішке жатқызады.

Магнит өрісінің кернеуі, жоғарғы өткізгіштік көлемінде температурада өте төмен яғни нөлге тең болады.

Сыртқы магнитті өрісте магниттеу кезінде магнитті өріске қарсы бағытта металл диамагнетикті материалға айналады. Сондықтан жоғарғы өткізгіштік материалға ауысқанда сыртқы магнит өрісінің жағдайы оның көлемін және тек үстіндегі жұқа қабатындағы қабатының қалыңдығын шамамен 10-5 мм итереді. Бұл құбылыс Мейснер әсері деп аталады.



Сурет 7.23. Температураның әсері электр кедергісі бөлімі материалдар

Жоғарғы температураға дейін материалды қыздыру кезінде өте жоғарғы өткізгіштігі сынуы мүмкін, сондай-ақ қортынды әсерінен күшті сыртқы магнит өрісінің кернеулігі $H_{кр}$ сыни мәні асады. Сыни магнит өрісі сияқты сыни температура негізгі сипаттамасы жоғарғы өткізгішті материал болып табылады. Температураны жоғарлатқан кезде $T_{кр}$ немесе $H_{щ}$ секіргішті электр кедергісін қалпына келтіреді, магнит өрісі металлға енеді

Басты құндылықтарының бірі өте жоғарғы өткізгіштігі жоғары токтың тығыздығы мүмкіндігі болып табылады. Жоғары ток тығыздығы болған сайын, аспаптар шағын болғаны дұрыс және қымбат жоғарғы өткізгішті материалдардың салмағы аз және шығыны да аз болады. Токтың тығыздығы жоғары болған сайын күрделі және пайдалану шығындарын қондырғыларды төмендетуге мүмкіндік береді.

Барлық таза металдардан өте жоғарғы өткізгішті жағдайға өтуге қабілетті, ең жоғарғы критикалық температурасына ниобий ($T_{кр} = 9,2$) көше алады. Алайда, ниобийге тән төмен мәні сыни магнит өрісі (0,24 Тл), бұл үшін оны кеңінен қолдану жеткіліксіз. Жақсы үйлесімімен сыни параметрлерін $T_{кр}$ және $B_{кр}$ қорытпалар мен интерметалдық қосылыстардан ниобий цирконимен, титанмен, қалайы және германием ерекшеленеді.

Ең көп тараған жоғарғы өткізгішті материалдарға қорытпасы ниобий (негізі) 46,5 % титан (массасы бойынша) жатады. Бұл қоспа жоғары технологиясымен ерекшеленеді, одан қарапайым әдістермен балқыту, қысыммен өңдеу және термиялық өңдеу тағы дайындайтын сым, кабельдер, шиналар жасауға болады. Интерметаллид жоғары сыни параметрлерін ие болғанымен өте нәзік сондықтан өлшемді сымдар дәстүрлі әдістермен металлургиялық технологиялармен дайындау қиынға соғады.

Жоғарғы өткізгішті кабельді дайындау кезінде кесекті мысты егеп көптеген тесіктер жасап олардың өзектеріне қорытпасынан Nb — Ti жіңішке стерженді енгізеді. Кесекті жұка сым етіп тартады, содан соң жаңадан оны кесектерге тіледі, оларды қайтадан жаңа қырлы кесекке енгізеді. Бірнеше рет осы операцияны қайталап үлкен санды жоғарғы өткізгішті кабельді алады да одан электромагнитті катушкалар жасайды.

Егер қандай да бір үйде жоғарғы өткізгішті жоғары электр және жылу өткізгіштігі кездейсоқ бұзса мыс матрица термиялық тұрақтандыруға жоғарғы өткізгіштің жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Дайындаудың қарапайымдылығы, электрлық және механикалық қасиеттері қолайлы комбинациясы және салыстырмалы төмен құны бойынша жоғарғы өткізгішті негізінде ұсынылды, ал қатты сұйықтық Nb — Ti-в негізгі материалдар ретінде $T_{кр} = 8$ К кезінде $T_{кр} = 4,2$ К ұсынылды. Негізгі күшті өрістер кезінде ток тығыздығы айтарлықтай құлайды сонымен қатар интерметаллидты үлгідегі бірігуді Nb₃Sn орынды пайдалану.

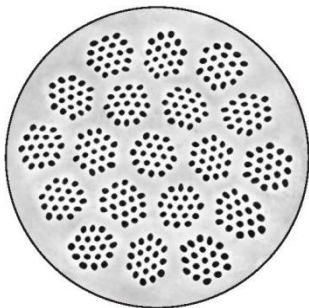
1980-ші жылдардың Соңында жоғары температуралық жоғарғы өткізгішті керамикалық материалдар ашылған.

1986 ж. швейцария физиктары Дж. Беднорц пен А. Мюллер бірінші рет жоғарғы өткізгішті керамикалық оксидтердің жүйесіндегі үлгілерін алды La—Ba—Cu — Os жоғарғы өткізгішті жағдайы температурасына көшуі $T_{кр} = 35$ К. Бұл ашылу үшін жоғары температуралық және жоғарғы өткізгішті 1987 ж зерттеудің басын құраған сонымен қатар физика бойынша Нобель премиясымен марапатталды.

Кейінірек иттриевті керамика жүйесі Y— Ba—Cu — Oв Қытай, АҚШ, Жапония және Ресей жоғарғы өткізгішті температурасына қол жеткізілді $T_{кр} \sim 90$ К, арзан және сұйық азот ретінде хладагентті пайдалануға береді.

Ең маңызды облыстарымен жоғарғы өткізгішті күшті магниттік өрістер құру, алу және электр энергиясын беру болып табылады.

Жоғарғы өткізгіштің бірі соленоид материалы сымсыз жұмыс істей алады өйткені онда бір рет барған ток өшпейді. Соленоидты ұстау жоғарғы өткізгішті жағдайда үлкен энергетикалық шығындарды талап етпейді.



Сурет 7.24. Көлденең қимасы көп талшықты шамадан тыс жүргізетін композиттің 361 өзектері қорытпасынан ниобий — титан мыс матрицасынан тұрады

Нөлдiк кедергiсi кезiнде жылы бұрудың проблемасы оңай шешiледi. Сонымен қатар, жоғарғы өткiзгiштi магниттер әлдeқайда кәдiмгi шағын ошақтың болғаны дұрыс. Әрбiр килограмм салмағына жоғарғы өткiзгiштi магнит өрiсi, баламалы күшi өрiсiнiң жиырма тонналық электромагниттен бастап ортақ темiр магнит жасайды.

Жоғарғы өткiзгiштi магниттер үшiн зерттеулер саласындағы жоғары энергия физикасы құру үшiн пайдаланады, қуатты магнит сақиналы оқтаулы бөлшектер мен жүйелердiң қозғалысын басқару бөлшектердiң iстен шығарғанда берiледi.

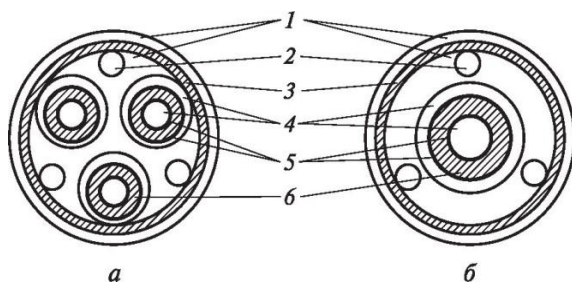
Термоядролық энергетика мәселелерi қуатты жоғарғы өткiзгiштi магниттердi қолданбай шешiлуi мүмкiн емес. Термоядролық басқарылатын синтез ядроларын жүзеге асыру үшiн гелий ядролардың бiрi дейтерий және тритияны реакциялық кеңiстiкте ыстық тритий-дейтерлi плазманы, 108...109 °C температурада қыздыру кезiнде ұстап тұру қажет. Тек қана жоғарғы өткiзгiштi магниттер өрiстiң қуаттылығын құруға ие. Негұрлым жоғарғы термоядерлiк реакторлармен құру мынадай түрi "Токамак" болып табылады, зерттеушiлер әр түрлi елдерде қарқынды әзiрленедi, оның iшiнде Ресей, АҚШ, Жапонияды шығарады.

Болашақта үлкен қуатты энергия нақты жоғарғы өткiзгiштi жердегi кабель желiлерi көмегiмен берудi жүзеге асыруға болады. Есептеулер көрсеткендей АҚШ-та өндiрiлетiн электр станциялары бойынша жоғарғы өткiзгiштi кабель қалыңдығы барлық шектi қуатты өткiзуге болады. Техникалық-экономикалық талдау кезiнде, бұл энергия беру кезiнде үлкен қуатты (шамамен 3.4 ГВ • А) арқасында аз меншiктi материалды ыдыстар және енi аз тас жолының жоғарғы өткiзгiштi кабель 2 — 3 есе арзан болып қалыпты. Сонымен қатар, үлкен өткiзу қабiлетi бар және аз шығындармен сипатталады.

Қағидаттық конструкциялары жоғарғы өткiзгiштi кабельдердi тұрақты және айнымалы тоқ бiр-бiрiнен ерекшеленедi (7.25 сурет). Жоғарғы өткiзгiштi кабелi бар түрiнде бiрқатар көп қабатты құбырлар олардың арасындағы вакуумды окшауланған көлденең қимасына ие. Iшкi құбырлар қабатымен жабылған жоғарғы өткiзгiштi материалдың қалыңдығы 0,3 мм-ден және сұйық гелмен толтырылған. Жоғарғы өткiзгiштi ретiнде ниобий қорытпасы титанмен немесе цирконием пайдаланылуы мүмкiн. Кабельдер осындай құрылымдар арасында Ресей, АҚШ және Жапония өндiрiстiк сынақтан өттi.

Жоғарғы өткiзгiштi запастағы электр энергиясын бере отырып, сондай-ақ оның ең жоғарғы жүктемесi проблеманы шешуге мүмкiндiк бередi. Индуктивтi жинақтауыш энергиясы тороидалды криостат диаметрi бiрнеше метрге, орамдары iс жүзiнде шығынсыз айналымда жүретiн тоқты бiлдiредi.

Кәдiмгi темiр жол поезд, болат рельспен қозғалысы бойынша, принциптiк шегi жылдамдығы 350 км/сағ болады.



Сурет 7.25. Қимасы жоғарғы өткізгішті кабельдерді үш фазалы ток, ыдй буымен өткізгіштер (а) және тұрақты ток концентртртылық жолсеріктерінің орналасу (б) схемасы:

1 — вакуумды кеңістік; 2 — сұйық азот үшін арналар; 3 — термостаттық оқшаулау; 4 — сұйық гелий үшін арналар; 5 — жоғарғы өткізгішті; 6 — электрлі оқшаулау

Оның сенімді ілінісу доңғалақтардың рельстермен асқан бұзылуы аэродинамикалық күші күрт өседі және тоқты шешу кедергісі пайда болады немесе қалыпты жұмысты тежейтін жүйесін түйіспелік сым қарсыласудың салдарынан тым үлкен тербелісін тудырмайды.

Жоғарғы өткізгішті құруға поезддардың доңғалақтары жоқ магнитті алқасымен жасауға мүмкіндік беретін және поезд магниттік жастықта (7.26 сурет).

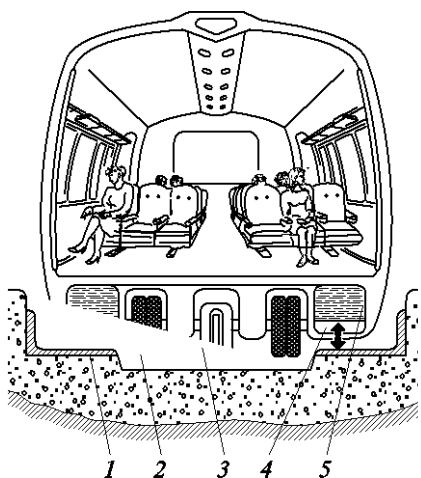


Рис. 7.26. Эскиз магнитоплана:

1 — рельсы; 2 — колеса; 3 — линейный двигатель; 4 — электромагниты; 5 — жидкий гелий

Поезд вагондары түбінде орнатылған жоғарғы өткізгішті электромагниті 4, салқындату сұйық гелимен 5. Пойыз тура қозғалған кезде алюминий жолақтар рельстерінде 1 токтар жіберіледі, өз кезегінде, туғызатын магнит өрісі ереже заңдарының дифференциалдық түрі магнит өрісі индукцияланған ток бағыт бойынша сыртқы магнитті қарсы бойынша және тартылыс күші арасындағы және алюмининді жолағы пайда болады содан кері итеретін күшін, вагон эстакаданың үстінен көтереді. Жоғарғы өткізгішті магниттерді қолдану вагон үстінен жоғарғы биіктікке 100 мм аса көтеруге мүмкіндік береді.

3 сызықты қозғалтқышты, жасаушысы бойымен кесіп, жазықтыққа жайып жатқызған, қарапайым айналмалы қозғалтқыштың модификациясы ретінде қарастыруға болады. Алюминий жолақтарының арасындағы жолдың төсемесіне, статор ролін атқаратын, ал вагонның аса өткізгіш катушкасы – ротор болатын, үшінші активті рельс салынған. Жол бойында, жылдамдығы рельстегі айнмалы тоқтың жиілігіне пропорционал болатын, созылмалы пойыз магниттік толқын жылжуда. Магнитті жастықтағы пойыздардың дөңгелектері, ұшақтағыдай, тек жылдамдық алу және тежеу үшін ғана қолданылады. Ұқсастығы бойынша мұндай пойыздарды магнитопландар деп атайды.

Жапонияда Токио мен Осако арасында ұзындығы 500 км болатын, жылдамдығы 500 км/сағ аса өткізгіш пойыздар жүретін, жылдамдық магистралі салынған.

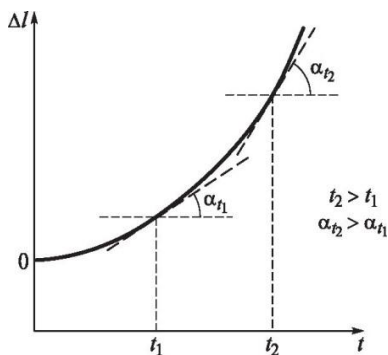
Сызықты кеңейтудің аз температуралық коэффициенті бар қоспалар. Көлік құрылысы және аспап құрылысы салалары үшін, пайдаланудың белгілі бір температуралық интервалында СКТК α және қалыпты серпімділік модулінің температуралық коэффициенті ρ (СМТК) сияқты физикалық қасиеттердің қатаң реттелген мәндері бар материалдарды пайдалану керек. Бұл коэффициенттер бұйымның өлшемінің өзгеру сипатын және қыздыру кезіндегі қоспаның серпімділік модулін анықтайды. Қоспаның α коэффициентін берілген температуралық интервалда үлгінің қатыстық ұзаруы бойынша дилатометр көмегімен анықтайды.

Берілген СКТК бар қоспалардың қолдану аясы 7.13 кестеде көрсетілген.

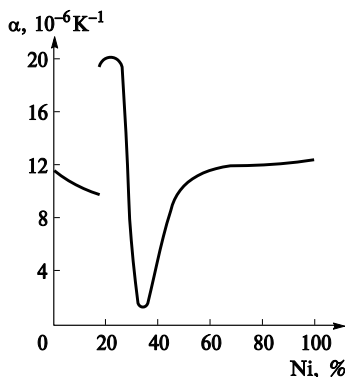
Кураков ережесіне сәйкес, компоненттер қатты ерітінді түзген жағдайда, СКТК α температураның ұлғаюы бойынша өседі (7.27 сурет).

7.13 кесте. Берілген сызықты кеңейтудің температуралық коэффициенті α бар қоспалардың қолдану аясы

Мәндер нтервалы α , 10-6К-1	Қоспалардың қолданылу аясы
0 ... 20	Өлшегіш аспаптар, геодезиялық өлшегіш таспалар, кеңейту регуляторлары, компенсациялық элементтер, термобиметаллдардың компоненттері, криогенді техника
50 ... 80	Кеңейту регуляторлары, термобиметаллдардың компоненттері, баяу балкитын әйнегі бар қоспа, металлокерамикалық байланыстар, мыс қабықшасы бар сым өзегінің материалы
80 ... 110	Төмен балкитын әйнегі бар қоспа
180 ... 210	Кеңейту регуляторлары, термобиметаллдардың компоненттері



Сурет 7.27. Температураны арттырған кездегі қоспалардың кеңею қисығы:
 Δl — ұзындықтың өсімі; α — сызықты кеңейтудің температуралық коэффициенті



Сурет 7.28. Fe — Ni қоспаларының сызықты кеңеюінің температуралық коэффициенті

Алайда Fe—Ni қоспалары жалпы заңдылықтарға бағынбайды. 30-дан 45 %-ға дейін никельдің концентрация аймағында олар үшін инварлық эффектпен байланысты (7.28 сурет) ауытқу тән. $-100...+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ температуралар диапазонында СКТК ең төменгі мәніне құрамында 36 % никель бар қоспа ие. Бұл қоспаны 1897 жылы Шарль Эдуард Гийом ашқан және жылулық кеңейтілім коэффициентінің минималды мәніне орай *инвар* (лат. *INVARIABLES*— өзгермейтін) деп аталған.

Әрбір нақты жағдай үшін СКТК мен СМТК тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін қатаң нақты химиялық құрамды қоспаларды қолдану қажет. Мұндай қоспаларды әдетте *прецизионды қоспалар* (фр. *PRECISION*— нақтылық) деп атайды, яғни химиялық құрамының аса нақтылығымен ерекшеленеді.

СКТК минималды мәні бар қоспалардың негізгі өкілі 36Н қоспасы. Механикалық қасиеттерінің жоғарғы дәрежесі мен технологиялылығының арқасында инвар эксплуатацияның өзгермелі температуралық жағдайында өлшемдердің тұрақтылығы талап етілетін бұйымдар үшін конструкциялық материал ретінде қолданылады. Инвардан қатты бекітілген күрделі жазықтықты қалыбы бар құбыр желісі, криогенді құрылғылардағы айдалатын сұйылтылған газдар жасалады. СКТК аз мөлшері құбыр желісіндегі кернеуді азайтуға және олардың бұзылу мүмкіндігінің алдын алуға мүмкіндік береді. Деформацияны қалпына келтіру үшін сальфонды түйіндерді орнатудың қажеттілігі болмайды, ол конструкцияны қарапайым және сенімдірек етеді. 7.14 кестеде көбірек қолданыс тапқан СКТК а реттелген мәндері бар қоспалардың құрамы мен қасиеттері көрсетілген (ГОСТ 10994—74). СКТК мәндері, кейін ақырындап суытылған, $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурасында күйдіруден кейінгі күйде көрсетілген.

Қоспалардың сызықты кеңею коэффициенті алдын ала өңдеуге тәуелді. Инвардың α коэффициентінің минималды мәні, нәтижесінде қоспалар қатты ерітіндіге өтетін, $830\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурадан шынықтырудан және $315\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурадағы демалыстан кейін жетеді. Салқын деформация да СКТК азаюына әсер етеді. Қос өңдеудің комбинациясы нәтижесінде Δ нөлге тең болады.

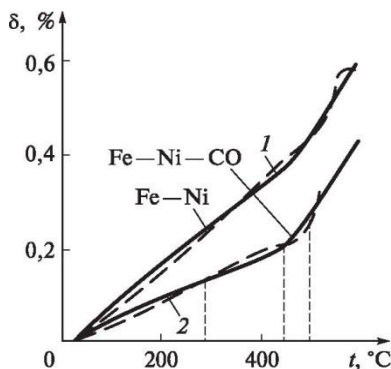
Никельдің бір бөлігін кобальттың сәйкес бөлігімен ауыстыру және мыстың аз қосындыларымен қоспалау инвардың СКТК қосымша азайтуға мүмкіндік береді. Мұндай қоспаны *СУПЕРИНВАР* деп атайды.

Электрвакуумды газразрядты және жартылай өткізгіш аспаптарда, әйнек және керамика сияқты диэлектриктер мен металлдың қосындысын кең қолданады. Қосындылардың вакуумды тығыздығы мен герметикалығын қамтамасыз ету үшін эксплуатациялық температура интервалында біріктірілетін жұп материалдарының СКТК сәйкестігі қажет. Күш салу мен жарықшақтардың алдын алу үшін қоспаның СКТК диэлектриктің СКТК максималды жақындатылған және қатаң реттелген болуы керек. Металлдың әйнекпен қосындысының жарамдылығын анықтау үшін сезімтал әдіс – қосындыдағы серпімді кернеуді поляризацияланған жарықта өлшеу әдісін қолданады.

Әйнекпен дәнекерлеу және біріктіру үшін қоспалардың құрамын, әнекті жұмсартуға дейінгі температураның барлық интервалында әйнек пен металлдың СКТК мәні бойынша жақын болатындай етіп таңдалады. Коварды термотұрақты әйнектермен біріктіру үшін, ал платинитті – электровакуумдық өндірісте қолданылатын қарапайым оңай балқитын әйнектерге қолданады. 7.29 суретте екі түрлі сортты әнектер мен оларға сәйкес қоспалардың сызықты кеңею сипаты көрсетілген.

7.14 кесте. **А реттелген мәні бар Fe — Ni қоспаларының құрамы мен қасиеттері**

Қоспа	Қоспа белгісі	Құрамы, %			Жылулық қасиеттері	
		Ni	Co	Cu	Температура интервалы, $^{\circ}\text{C}$	α , 10^{-6} K^{-1}
Инвар	36Н	35 ... 37	—	—	20...80	1,5
Супер инвар	32НҚД	31,5 ... 33	3,3 ... 4,2	0,6 ... 0,8	20...100	1
Ковар	29НҚ	28,5 ... 29,5	17 ... 18	—	20...400	4,5 . 5,2
Платинит	47НД	46 ... 48	—	4,5 ... 5,5	20...400	9,2 . 10



Сурет 7.29. Fe – Ni және Fe – Ni – CO қоспалары мен оңай балкитын және баяу балкитын (2) әйнектің ұзындықтарының қатыстық өзгеруінің температуралық тәуелділігі

мүмкін. ҚЖЭ не металлдар арнайы қасиеттері бар аса көрнекті материалдар өкілінің қатарына жатады. Бұл металлургиялық феноменге жоғары қызығушылық шаршауға кедергі, коррозияға шыдамдылық сияқты жоғары қарапайым механикалық сипаттамалар мен термомеханикалық жад, термосерпімді мартенситті өзгеріске негізделген реактивті кедергі сияқты ерекше қасиеттердің бірегей үйлесімімен шартталған. ҚЖЭ бар қоспалардың ерекшелігі көптеген қасиеттердің құрылымға айқын тәуелділігі болып табылады. Физика-механикалық сипаттамалардың мәндері, $-150...+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ температуралар интервалында түрлі қоспалар үшін аустенит – мартенсит қайтымды фазалық ауысу кезінде бірнеше рет өзгереді.

ҚЖЭ бар қоспалардың көптеген санынан практикалық қолдану үшін, әдетте титан никелиді немесе нитинол деп аталатын, эквипотенциалды құрамның (шамамен 50:50% (ат.)) Ti—Ni қоспалары келешегі бар қоспа болып табылады. Cu—Al—Ni және Cu—Al—Zn мыс негізді арзанырақ қоспалар сирек қолданылады.

ҚАЛЫП ЖАДЫ ЭФФЕКТІСІНІҢ МЕХАНИЗМІ. Жоғары температура кезінде аустенитті күйде арнайы қалыбы бар үлгі мартенситті өзгерістің төменірек температурасында деформацияланатыны қалып жады эффектісі болып саналады. Кері өзгеріс ағынымен қатар жүретін қызып кетуден кейін, бастапқы сипатты қалып қайта орнына келеді. Термосерпімді мартенситті өзгеріс, бастапқы аустенитті және мартенситті фазалар торының когеренттілігі, өзгеріс гистерезисінің

Қалып жады бар металлдар.

Көп уақыт серпімсіз деформацияны толық қайтымсыз деп санады. 1960 жж. басында, серпімсіз деформацияның қарапайым әрекеті құрылымдық өзгеріс есебінен жүзеге асатын металл материалдардың үлкен тобы ашылды. Мұндай материалдар серпімсіз деформацияның қайтымдылығына ие. Қалыптың өздігінен қалпына келу құбылысы – қалып жады эффектісі (ҚЖЭ) – изотермиялық шарттарда да, температуралық өзгеріс кезінде де байқалуы мүмкін. Жылу ауысу кезінде мұндай материалдар көп рет қайтымды деформациялана алады.

Леттілігі жоғары күш әсерінде де басылмайды. кернеу дәрежесі 1000...1300 МПа тең болуы

салыстырмалы үлкен емес мәнімен сипатталатын қоспаларда көрінеді. Бұл жағдайларды деформация кезінде бастапқы құрылымы бар когерентті телқосақ мартенситті кристаллдар пайда болады, ал қайта қыздыру мен кері өзгеріс кезінде бұл мартенситті кристаллдар жоғалады және ақырын бастапқы фаза торына өтеді. Кері өзгеріс кезінде когерентті фазааралық шекараның қайтымды қозғалысы бастапқы қалыптың қайта орнына келуіне әкеледі.

Түрлі қайнардан алынған, түрлі құрамды ҚЖЭ бар Ti—Ni қос қоспасының өзгерісінің сипаттамалық температурасы 7.15 кестеде келтірілген. 7.15 кестеге сәйкес, Ti—Ni қоспаларының стехиометриялық құрамнан аз ғана ауытқуы сипаттамалық температураның мәні және белгісі бойынша айтарлықтай өзгеруіне әкеледі.

Осылайша, титан мен никельдің ара қатынасын құбылта отырып, фазалық ауысу температурасын айтарлықтай өзгертуге және фазалық диаграмманың гистерезис еніне әсер етуге болады. ҚЖЭ бар түрлі қоспаларда фазалық ауысудың температуралар интервалы 4,2... 1 300 K.

Титан никелидін 700.900 °C температурада қысу арқылы өңдейді. Аса жоғары температураға дейін қыздыру қатты қышқылдану мен нәзік газға қанық беттік қабаттың пайда болуы үшін қауіпті.

Термофиксацияның технологиялық амалы айрықша маңызды рөл атқарады. Бұл амалдың күрделілігі жад эффектісінің, титан никелидінен жасалған дайындамаға қажет қалып берген соң пайда болуымен шартталады. Дайындаманы бөлме температурасында деформациялайды. Қалып пен өлшемді сақтау үшін барлық бостандық дәрежесі бойынша (еріксіздік) одан кейін 650.700 °C температураға дейін, яғни аустенитті күйге дейін вакуумда қыздыру қатаң белгілеу жүргізеді. Бұндай амалдың нәтижесінде объект «есте сақтайтын», құрылым мен қалыптың тұрақты күйіне қол жеткізуге болады.

7.15 кесте. Ti—Ni қоспаларының сипаттамалық температуралары, °C

Қоспа	M _и	M _к	A _и	A _к
Ti _{52,8} Ni _{47,2}	90	60	100	135
Ti ₅₀ Ni ₅₀	50	20	55	75
Ti _{49,5} Ni _{50,5}	25	5	35	60
Ti _{49,25} Ni _{50,75}	0	-20	10	30
Ti ₄₉ Ni ₅₁	-55	-90	-50	-25

Ескерту. Цифрлық индекстар қоспадағы элементтің пайыздық құрамын көрсетеді; M_и, M_к, A_и, A_к — мартенситті және аустенитті өзгерістің температурасының сәйкесінше басы мен соңы.

Титан никелидінің балқымасынан қалыңдығы 10 мм-ге дейінгі парақшаларды, сығымдалған шыбықшаларының диаметрі 110 мм-ге дейін болатын сымдарды және сыртқы диаметрі 50 мм-ге дейінгі құбырларды жасайды.

ҚАЛЫП ЖАДЫ ЭФФЕКТИСІ БАР ҚОСПАЛАРДЫ ҚОЛДАНУ. ҚЖЭ бар қоспаларды жиі, көлік құрылысы, авиағарыштық және зымырандық техника, құрал құрылысы, энергетика, медицина және басқа түрлі салалардағы принципалды жаңа конструкциялар мен технологияларды жасауға мүмкіндік беретін, интеллектуалды материалдар деп аталатын топқа жатқызады. ҚЖЭ бар қоспалардың кейбір қолданыс объектілерін қарастырайық.

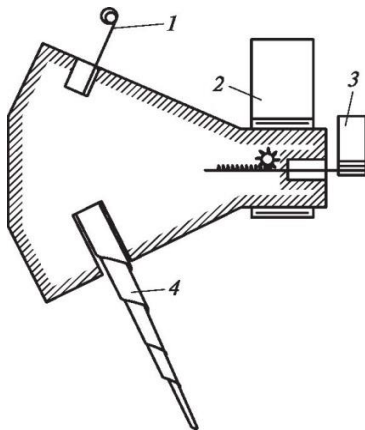
Таяу және қиыр ғарышты меңгеру орбиталық бекетердің пайда болуы мен ірі ғарыштық құрылыспен байланысты. Күн батареялары және ғарыштық антенналар сияқты ауыр объектілерді құрастыру қажет. 7.30 суретте құрылымы өздігінен айналатын антеннасы бар ғарыштық аппараттың сұлбасы көрсетілген. Антенналар Ti—Ni қоспасынан жасалған білік және беттен тұрады, олар шиыршық түрінде оратылған және жасанды серіктің қуысына орналастырылған. Жасанды серікті ұшырып, оны орбитаға шығарғаннан кейін антенна арнайы қыздырғыштың көмегімен немесе күн сәулесі әсерінен қызады, нәтижесінде ол ғарыштық кеңістікке шығады.

Түрлі техникалық объектілерді, тұрғын және өндірістік модульдерді орналастыру үшін ашық ғарыштық кеңістік жағдайында үлкен платформаларды құрастыру қажет.

Ашық ғарышқа ауыр агрегаттарды техникалық тұрғыда кейін монтаждау жұмыстарын жүргізетін бөлшектермен ғана жеткізуге болады.

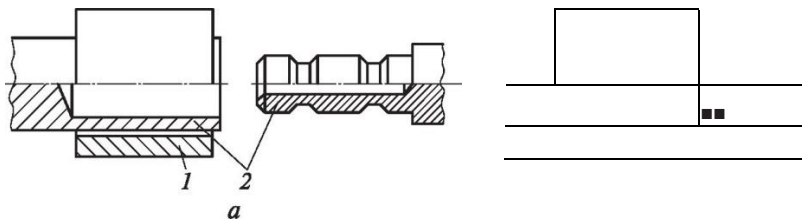
Көптеп өндіруде қолданылатын бұйымдарды біріктіру әдістері (балқытып біріктіру, пісіру, жапсыру, шегелеу және басқалар) ғарыштық жағдайда жарамсыз. Ерекше жоғары қауіпсіздік техникасын қамтамасыз етуге айрықша талап қойылады.

Осы ерекшеліктерді ескеріп, Ресейде ТН-1 қоспасынан жасалған муфтаны қолданып, ашық ғарышта элементтерді біріктірудің бірегей технологиясы жасалған. Бұл технология жалпы ұзындығы 14,5 м және көлденең қимасы беті 0,5 м квадрат болатын алюминий



Сурет 7.30. Элементтері өздігінен өзгертін ғарыштық аппараттың сұлбасы:

- 1 — антенна; 2 — күн батареясы; 3 — энергия шашыратқыш; 4 — механикалық стабилизатор



Сурет 7.31. Құбырлы бұйымдарды қалып жады эффектісі бар металлдан жасалған муфта көмегімен біріктіру:

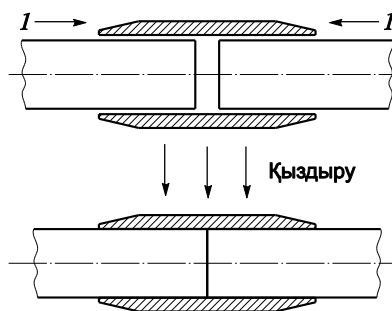
a — жинауға дейін; *б* — қыздырғаннан кейін; 1 — бұйым; 2 — муфта

қоспасынан жасалған ферма конструкциясын жинауда сәтті қолданылды. Ферма диаметрі 28 мм, өзара қалып жады бар металлдан жасалған муфта көмегімен бірігетін (7.31 сурет), бөлек құбырлы бұйымдардан тұрған.

Муфтаны темір өзек көмегімен төменгі температурада, оның ішкі диаметрі біріктірілетін элементтердің сыртқы диаметрінен үлкен болатындай қылып деформациялаған. Кері мартенситті өзгеріс температурасынан жоғары қыздырғаннан кейін муфтаның ішкі диаметрі, муфтаның кеңейтуге дейінгі диаметріне дейін қалпына келеді. Бұл кезде бірқатар сығатын реактивті күштер генерацияланды, біріккен элементтер иілгіштік деформацияланды, бұл олардың берік байланысын қамтамасыз етті. Ферманы жинау және оны «Мир» орбиталы кешенінің «Квант» астрофизикалық модуліне орналастыру 1991 жылы ашық ғарышқа барлығы төрт рет шығу арқылы жүзеге асырылды және бырлығы бір тәулікке жуық уақыт алды.

Құрылыстың осындай қағидалары үлкен тереңдіктерде ірі габаритті теңіз суасты құрылымдарын монтаждау үшін қолдануға болады.

Құбырларды термомеханикалық біріктіруге арналған муфталарды көптеген құрылымдарда қолданады (7.32 сурет). Оларды F-14 реактивті жойғыштың гидрожүйесінің құбыр желісін біріктіру үшін қолданады, айта кететіні, май кетумен байланысты қандай да бір апат белгіленбеген. ҚЖЭ бар қоспадан жасалған муфталардың, олардың жоғарғы сенімділігімен қатар, жоғары температуралық қызудың (балқытып біріктіруге қарағанда) жоқтығы артықшылығы болып табылады. Сондықтан біріктіру маңында материалдардың қасиеті



Сурет 7.32. Қалып жады эффектісін қолданып, құбырларды біріктіру:
1 — муфтаны кеңейткеннен кейін құбырды енгізу

нашарламайды. Мұндай типті муфталарды атомды суасты қайықтарының, суүсті кемелерінің құбыр желісі үшін, теңіз түбінен мұнайды қайта айдауға арналған құбыр желісін жөндеу үшін пайдаланады, сондай-ақ бұл мақсаттар үшін үлкен диаметрлі муфталарды қолданады – шамамен 150 мм. Кейбір жағдайларда муфталарды жасау үшін Cu—Zn—Al қоспасын да пайдаланады.

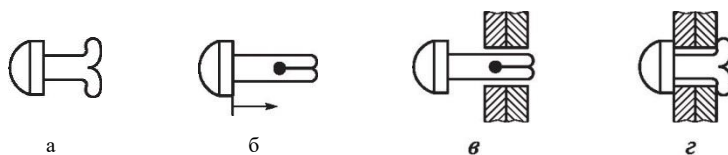
Бұйымдардың жылжымайтын біріктірілуі үшін әдетте шегелер мен бұрандамаларды қолданады. Алайда, егер бекітілетін бұйымның қарама-қарсы жағында (мысалы, саңылаусыз қуыс денелі құрылым) қандай да бір әрекетті жүзеге асыру мүмкін емес болса, бекіту операциясын орындау қиындық туғызады. ҚЖЭ бар қоспадан жасалған тежегіштер бұндай жағдайда қалыпты кеңістікті қайта қалпына келтіруді қолдану арқылы бекітуге мүмкіндік береді.

Тежегіштерді ҚЖЭ бар қоспадан жасайды, алайда бастапқы жағдайда тежегіштің бүйір жағы ашық болады (7.33, а сурет). Бекіту операциясын жүзеге асыру алдында тежегішті құрғақ мұз немесе сұйық азотқа енгізеді, мұнда ол қажетті дәрежеде салқындайды, одан кейін бүйір жағы түзеледі (7.33, б сурет). Тежегішті бекіту үшін жылжымайтын саңылауға енгізеді (7.33, в сурет), температураны бөлме жағдайына дейін көтерген кезде қалып қайта орнына келеді, тежегіштің бүйірі екіге ажырайды (7.33, г сурет) және бекіту операциясы аяқталады.

ҚЖЭ бар материалдар тек монтаж үшін ғана емес, сонымен қатар апаттық жағдайдағы құбыр желісін жөндеу үшін қолданылады (7.34 сурет). Құбырдың жарықшағы бар аумағына алынбалы қосымшаны жалғайды, оны сақинаға оралатын шиыршықты таспамен немесе ҚЖЭ бар материалдан жасалған сыммен сығады.

ҚЖЭ бар қоспаларды медицинада пайдалану ерекше қызығушылық оятуда. Оларды қолдану емдеудің жаңа эффективті әдістерін жасаудың кең мүмкіндігін ашады.

Жануарларға жүргізілген арнайы тәжірибелер, Ti—Ni негізіндегі қоспалар әдетте қолданылатын коррозияға берік болат және кобальтхромды қоспалар дәрежесінде және одан да жоғары биологиялық үйлесімділікке ие екенін және биологиялық организмдерде функционалдық материалдар ретінде қолдануға болатынын көрсетті. ҚЖЭ бар қоспаларды ем үшін қолдану олардың



Сурет 7.33. Қалып жады эффектісі бар тежегіштің әрекет қағидаты:

а — г — бекіту реттілігі

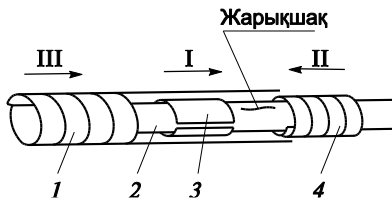
ұлпамен жақсы үйлесімділігін және адам организмінің биология-лық құрылымымен қабылдамау реакциясының жоқтығын көрсетті.

Омыртқаның туа біткен, әдетпен немесе ауру жағдайымен пайда болған түрлі қисаюлары жүру кезінде қатты дифформацияға әкеледі, ол қатты ауруды ғана туғызбайды, сонымен қатар ішкі органдарға кері әсерін тигізеді. Ортопедиялық хирургиялық ота кезінде омыртқаны түзетуді әдетте коррозияға берік болаттан жасалған

Харинтон білігі көмегімен жүзеге асырады. Бұл әдістің кемшілігі – бастапқы түзетуші күштің уақыт бойынша кішіреюі. Орнатқаннан кейін 20 минут өткенде түзетуші күш 20 %, ал 10-15 күннен соң – бастапқыдан 30 %-ға дейін кішірейеді. Күшті қосымша түзету ауыр отаны қайталауды қажет етеді және әрдайым мақсатына жете бермейді. Егер Харинтон білігі үшін ҚЖЭ бар қоспаны қолданса, білікті бір рет қана орнатуға болады, отаны қайта жасау қажеттілігі болмайды. Егер отадан кейін Харинтон білігін дене температурасынан біршама асатын температураға дейін қыздырса, қажет түзеткіш күшті жасауға болады. Бұл мақсат үшін, қалыпты қайта орнына келтіргеннен кейін 35...41 °С температура интервалында жоғары иілгіштік көрсететін, мыс, темір және молибден қоспасы бар Ti—Ni негізіндегі қорытпалар эффективті. Мұндай қоспалары бар түзеткіш құрылғылар, құрылғының тірек нүктесінің жылжуына тәуелсіз, барлық емдеу кезеңінде омыртқаға әсер ету үшін мөлшері бойынша тұрақты күш салады.

Сүйек сынуы кезінде медициналық көмек әдісі, коррозияға берік болат немесе Co—Cr қоспаларынан жасалған пластинка көмегімен сыну аймағын сүйекке сығу күші әсер еткендегі күйде бекітуден тұрады. Егер біріктіретін пластинка үшін ҚЖЭ бар қоспаны қолданса, отадан кейін дене температурасынан біршама асатын температураға дейін сырттай қыздыру арқылы сыну аймағын берік бекіту мүмкін болар еді, сонымен қатар ота кезінде сүйекті бойлай сығуды жүзеге асыру қажеттілігі болмас еді.

Аморфты және нанокристалды қоспалар. АМОРФТЫ ҚҰРЫЛЫМДЫ ЖАСАУ ШАРТТАРЫ. Арнайы әдістерді қолдану 10^5 К/с артық салқындату жылдамдығына қол жеткізуге және қатайған кезде әйнек тәрізді аморфты күйдегі металл алуға мүмкіндік береді.



7.34 сурет. Жарықшағы бар құбырда жөндеуге арналған құрылғы сұлбасы:

1 және 4 — қалып жады эффектісі бар

Егер алынған аморфты қоспаны одан кейін қыздырып, белгілі бір уақытқа дейін изотермиялық күйде ұстаса, онда ол кристалдана бастайды. Түрлі аморфты жүйелер үшін кристалдық күйге өту шарты кең ауқымда өзгереді.

Аморфты қоспалардың құрылымы қатырылған сұйықтықтың құрылымына ұқсас. Қатаюдың жылдам болуы соншалық, заттың атомдары сұйық күйде қандай орында болса, сол күйде қатып қалады. Аморфты құрылым атомдардың орналасуында алыс реттіліктің жоқтығымен сипатталады, соның арқасында онда кристалды анизотропия жоқ, блоктардың, түйірлердің, блоктардың шектері және поликристалды қоспаларға тән құрылымның басқа ақаулары жоқ.

Аморфты металл қоспалардың ерекше магнитті, механикалық, электрлік қасиеттері мен коррозияға беріктігі осындай аморфты құрылымның нәтижесі болып табылады. Жоғары магнитті жұмсақтықпен қатар (жоғарғы магнит индукциясы бар аморфты қоспалардағы электрмагнитті жоғалтулардың дәрежесі барлық танымал кристалл қоспаларға қарағанда айтарлықтай төмен), бұл материалдар ерекше жоғары механикалық қатаңдық пен созылу кезіндегі беріктікті көрсетеді, кей жағдайларда нөлге жақын жылулық ұлғаю коэффициентіне ие, ал олардың меншікті электрлік кедергісі темір мен оның қоспалары үшін мәнінен 3-4 есе жоғары. Аморфты қоспалардың кейбіреулері жоғары коррозиялық беріктікпен сипатталады.

Аморфты құрылымды қатаю барлық металлдар мен қоспалар үшін принципіалды мүмкін. Практикалық қолдану үшін әдетте, аморфты құрылым пайда болу үшін аморфжасаушы элементтер – аморфизаторларды (B, C, Si, P, S) қосатын, өтпелі металлдардың (Fe, Co, Mn, Cr, Ni және басқалар) қоспаларын қолданады. Мұндай аморфты қоспалар әдетте 80 % (ат.) бір немесе бірнеше өтпелі металлдардан және өздерінің қасиеттері бойынша металлға жақын, аморфты құрылымды жасау және тұрақтандыру үшін қосылатын 20 % (ат.) бейметаллдардан тұрады. Аморфты қоспалардың құрамы $Me_{80}X_{20}$ формуласына жақын, мұндағы Me – бір немесе бірнеше өтпелі металлдар, X – бір немесе бірнеше аморфизаторлар. Құрамы келтірілген формулаларға жауапты: $Fe_{70}Cr_{10}P_{15}B_5$, $Fe_{40}Ni_{40}S_{14}B_6$, $Fe_{80}P_{13}B_7$ және басқалар, аморфты қоспалар белгілі. Аморфизаторлар балку температурасын төмендетеді және нәтижесінде аморфты фаза пайда болатындай, оның әйнектелу температурасынан төмен, балқыманың айтарлықтай жылдам сууын қамтамасыз етеді. Аморфты қоспалардың термиялық тұрақтылығына кремний және бор көбірек әсер етеді, бор және көміртегі бар қоспалар көбірек беріктікке ие, ал коррозияға шыдамдылық хром мен фосфордың концентрациясына тәуелді.

Өзінің аморфты табиғатына қарай металл әйнектер, бейметалл әйнектерге тән қасиеттерге ие: қыздыру кезінде оларда құрылымдық релаксация, «шынысыздану» және кристалдану өтеді.

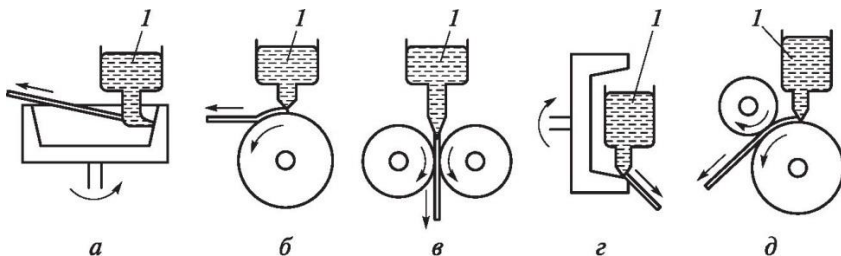
Сондықтан аморфты қоспалардан жасалған бұйымдардың тұрақты жұмыс істеуі үшін олардың температурасы әрбір қоспа үшін кейбір белгіленген жұмыс температурасынан аспауы қажет.

Нанокристалл материалдар аморфтылардан кейін – 1990 жж. басында пайда болды. Бұл материалдарды бір бөлімге біріктіру және қатар қарастыру орынды, себебі нанокристалл құрылым көп жағдайларда аморфты күйді өзгерту арқылы қалыптасады.

АМОРФ МЕТАЛЛДАРДЫ АЛУ ӘДІСТЕРІ. Аморфты құрылымды алу үшін сұйық металлды суытудың аса жоғары жылдамдығын түрлі әдістермен жүзеге асыруға болады. Оларға ортақ қасиет – 10^5 К/с кем болмайтын салқындату жылдамдығын қамтамасыз ету қажеттілігі. Тамшыны салқын пластинаға катапульталау, газ немесе сұйықтық ағынымен тозаңдату, тамшы немесе ағысты центрифугалау, негізгі металлдың жылулық массасын жылдам бұру арқылы металл бетін жұқа қабықшаға лазермен балқыту, газ ортасынан аса жылдам суыту және басқа әдістер белгілі. Бұл әдістерді қолдану түрлі жалпақтық пен қалыңдықтағы таспалар, сым және ұнтақтарды алуға мүмкіндік береді.

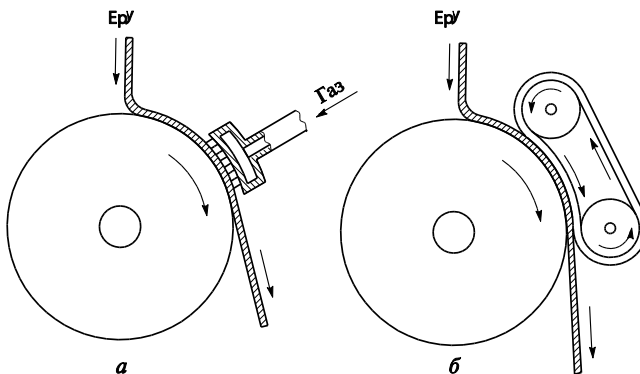
Айналмалы барабанның сыртқы (дискте шынықтыру) немесе ішкі (ортадан тепкіш шынықтыру) жағында сұйық металлдың ағысын салқындату немесе жоғарғы жылуөткізгіштігі бар материалдардан жасалған салқын біліктер арасынан өткізу арқылы балқыманы жұқарту *аморфты таспаларды* өнеркәсіптік өндірудің айрықша эффективті әдістері болып табылады.

7.35 суретте осы әдістердің қағидалық сұлбасы келтірілген. Индукциялық пеште алынған балқыма шүмектен бейтарап газбен сығылады және айналмалы салқындайтын дененің (тоңазытқыш) бетімен жанасқан кезде қатайды. Ортадан тепкіш және дискте шынықтыру әдістерінің айырмашылығы – балқыма тек бір жағынан ғана салқындайды. Тоңазытқышпен жанаспайтын беттің сыртқы жағының жеткілікті дәрежедегі тазалығына қол жеткізу негізгі мәселе болып табылады.



Сурет 7.35. Балқымадан шынықтыру арқылы жұқа таспаны алу әдістері:

a — ортадан тепкіш шынықтыру; *б* — дискте шынықтыру; *в* — балқыманы жұқарту;
г — ортадан тепкіш шынықтыру; *д* — дискте планетарлы шынықтыру; *1* — балқыма



Сурет 7.36. Қатайған таспаның дискпен жанасу уақытын ұлғайтуға арналған құрылғы:
a — газ ағысын қолдану; *б* — қыспа белдікті қолдану

Балқыманы жұқарту әдісі таспаның екі бетінің жақсы сапасын алуға мүмкіндік береді, ол магнитті жазба бастиегі үшін қолданылатын аморфты таспалар үшін аса маңызды.

Шынықтыруға арналған барлық құрылғыларда металл сұйық күйден, айналмалы тоңазытқыш бетімен жұқа қабат болып жайылып жылдам қатайды.

Қатайған металлдың дискпен жанасу ұзақтығын ұлғайту арнайы құрылғылар көмегімен жүзеге асырылуы мүмкін: таспаны дискке қысатын, немесе берилий мен мыс қоспасынан жасалған белдік дискісімен бірдей жылдамдықта қозғалатын (7.36 сурет) газ ағысы. Осылайша, аморфты таспаның максималды қалыңдығы қоспаны салқындатудың сыни жылдамдығына және шынықтыру үшін қондыру мүмкіндігіне тәуелді.

Жұқа *аморфты сымды* алу үшін балқымадан талшықты созудың түрлі әдістерін қолданады.

Бірінші әдісте (7.37, *a* сурет) балқытылған металл тұздың су ерітіндісі арқылы дөңгелек кима түтігінде созылады. Екінші әдісте (7.37, *б* сурет) балқытылған металл ағыны айналмалы барабанның ішкі жағында ортадан тепкіш күшпен ұсталатын сұйықтыққа құлайды: кейін айналмалы сұйықтықтан қатайған жіп оралады. Балқыманы әйнек капиллярда максималды жылдам созу жолымен аморфты сым алуға болады (7.37, *в* сурет).

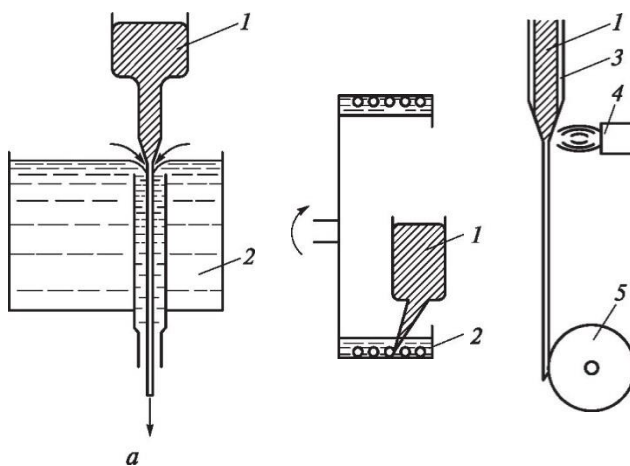
АМОΡФТЫ ҚОСПАЛАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІ МЕН ҚОЛДАНЫЛУЫ. Аморфты қоспалардың химиялық құрамын берілген элементтің құрамын көрсететін цифрлық индексі бар химиялық элементтердің символымен белгілейді, % (ат.), мысалы $\text{Fe}_{31}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$.

Металл әйнектің бірегей сипаты физика-механикалық және химиялық қасиеттерінде көрінеді. Құрылымда кристаллдарға тән периодтылықтың жоқтығы жоғары беріктіктің, магнитті жұмсақ әрекеттің, аса төменгі акустикалық жоғалтулардың және жоғарғы электрлік кедергінің себебі болып табылады. Тозғаннан бұзылу және металл әйнектер мен кристалл металлдардағы магниттелу үдерістері көп жағдайда өте ұқсас. Химиялық біртектілік қышқыл ортадағы, сондай-ақ хлор ионы бар қоспалардағы кейбір металл әйнектердің жоғары коррозияға шыдамдылығын қамтамасыз етеді. Әйнек тәрізді күйдегі элементтердің шексіз дерлік өзара ерігіштігі төменгі температурада электронды тасымал үдерістерін зерттеу үшін үлкен қызығушылық көрсетеді.

Байланыстың металл сипаты салдарынан металл әйнектердің көптеген қасиеттері бейметалл әйнектердің қасиеттерінен айтарлықтай ерекшеленеді. Оларға бұзылудың тұтқыр сипаты, жоғары электр- және жылуөтімділігі, оптикалық сипаттамалар жатады.

Аморфты қоспалардың тығыздығы сәйкес кристалл денелердің тығыздығынан 1...2 %-ға ғана аз. Металл әйнектер, бағытталған байланыстары бар бейметалл әйнектердің борпылдақтау құрылымынан қатты ерекшеленетін, тығыздап буылған құрылымға ие.

Аморфты металлдар аса берік материалдар болып табылады. Аса беріктікпен қатар, олар сығу (50 %-ға дейін) мен бүгу кезіндегі жақсы иілгіштікпен сипатталады. Бөлме температурасында аморфты қоспалар



Сурет 7.37. Балқымамен шынықтыру арқылы жұқа сымды алу әдістері:
a — балқыманы салқындататын сұйықтық арқылы созу (балқыманы сығу);
б — сымды айналымды барабаннан созу; *в* — балқыманы әйнек капиллярдан созу; 1 — балқыма; 2 — салқындататын сұйықтық; 3 — әйнек;
 4 — бүріккіш; 5 — сымды орауға арналған құрылғы

жұқа жұқалтыр шығатындай салқын жұқартуға ұшырайды. Қалыңдығы 25 мкм $\text{Ni}_{49}\text{Fe}_{29}\text{P}_{14}\text{B}_6\text{Al}_2$ аморфты қоспаның таспасы микржарықшақтардың пайда болуынсыз ұстара жүзі ұшының айналасында иіле алады. Алайда созу кезінде олардың қатыстық ұзаруы 1 ...2 %-дан аспайды. $\text{Fe}_{40}\text{Ni}_{40}\text{P}_{14}\text{B}_6$, $\text{Fe}_{80}\text{B}_{20}$, $\text{Fe}_{60}\text{Cr}_6\text{Mo}_6\text{B}_{28}$ аморфты қоспаларының аққыштық шегі сәйкесінше 2 400; 3 600; 4 500 МПа құрайды, ал аса берік болаттардың аққыштық шегі әдетте 2 500 МПа-дан аспайтын мәнге ие.

Темір негізді қоспалар қанығудың жоғарғы магнит индукциясымен ($B_s = 1,5, 1,6$ Тл) және әдеттегі және жоғарғы жиіліктерде (7.16 кесте) қайта магниттелуге төменгі жоғалтумен сипатталады. Оларды дроссель, магниттік күшейткіштер сияқты түрлі мақсаттағы жоғарғы жиілікті трансформаторлардың өзегіне арналған материал ретінде қолданады. Бұл, берілген топтағы ең күшті аморфты қоспаларда кремнийлі электротехникалық болаттарға қарағанда бір ретке төмен болатын, төменгі жиынтық жоғалтулармен шартталған.

Аморфты кобальтты қоспалардан жасалған таспаларды түрлі мақсаттағы шағын өлшемді жоғары жиілікті трансформаторлардың өзектерінде, сондай-ақ екінші ретті қорек көзі мен магнитті күшейткіштер үшін қолданады. Оларды ток кеміту детекторларында, телекоммуникация жүйесінде датчиктер ретінде (соның ішінде феррозондты типте), магнитті экрандар мен температуралық сезімтал датчиктер үшін, сондай-ақ жоғары сезімтал магнитті түрлендіргіштерде пайдаланады.

Темір, кобальт және никель негізді көптеген металл әйнектер 700 К (шамамен 0,5 $^{\circ}\text{C}$) температурада бірнеше минут ішінде кристалл күйге өтеді. Бұл материалдарды ұзақ пайдалану көрсетілгеннен шамамен 300 К-ге төмен температурада ғана мүмкін.

Осылайша, аморфты қоспалар өте аз деформациялық орнығуға ие, жоғарғы серпімді иілгіштік сипаттамалары бар аса берік материалдар болып табылады.

7.16 кесте. Электртехникалық аморфты қоспалардың магниттік қасиеттері

Қоспа	B_s , Тл	H_c , А/м	Меншікті жоғалтулар, Вт/кг	p , мкОм • м
$\text{Fe}_{82}\text{Si}_8\text{B}_{10}$ (Amomet)	1,6	2,4	$L, 6/60 = 0,24$	1,55
$\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ (Amomet)	1,6	0,6	$L, 3/50 = 0,06$	1,25
$\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_1$ (Metglas 2605C)	1,6	4,8	$p, 1,26/60 = 0,26$	1,25

Ескерту. B_s — қанығудың магниттік индукциясы; H_c — коэрцитивті күш; p — меншікті электрлік кедергі.

Аморфты қоспаларды жоғарғы қысымды құбырларды арматуралау, шиналардың металкордын жасау және т.б. үшін қолданады. Келешекте аморфты қоспаларды сермер дайындау үшін пайдалану мүмкін. Мұндай сермерлерді энергияны шоғырландыру және автокөліктердің жұмыс сипаттамасын жақсарту үшін электр станцияларындағы шекті жүктемені жабу үшін және т.б. қолданылуы мүмкін.

Коррозияға шыдамдылықпен үйлескен жоғары беріктік аморфты қоспаларды, теңіз суымен жанасып жұмыс істейтін кабельдерді, сондай-ақ пайдалану шарттары агрессивті ортаның әсерімен байланысты бұйымдарды жасау үшін қолдануға мүмкіндік береді. Аморфты таспадан тұрмыстық максатта қолданылатын заттарды жасайды: ұстара жүзі, өлшеуіш және басқалар.

Құрамында хром, молибден, вольфрам болатын, аморфты жоғары көміртекті болаттар бұзылуға қарсы жоғарғы кедергіге және термиялық тұрақтылыққа ие: мысалы, $\text{Fe}_{54}\text{Cr}_{16}\text{Mo}_{12}\text{C}_{18}$ 3 800 МПа созылу кезінде беріктік шегіне және 880 К кристаллдану температурасына ие. Сонымен қатар, аморфты жоғары көмірсутекті болаттар жоғары коррозиялық сипаттамаларға ие және ескіру кезінде морттануға сезімтал емес. Мұндай қоспаларды аса берік композиттерде пайдаланған жөн.

Әйнектер қатты салқындатылған сұйықтықтар болғандықтан, олардың қыздыру кезіндегі кристаллдануы әдетте қатты ұрық жасалумен жүреді, ол біртекті аса майда түйірлі металл алуға мүмкіндік береді. Бұл оңай иілетін, оны кесуге және оптималды кескіндеме алу үшін қалыптамаға ұшыратуға болатын, жұқа таспа түріндегі арнайы дәнекер алуға мүмкіндік береді. Дәнекерлеу үшін, таспа құрамы бойынша гомогенді және дәнекерлеуге ұшырайтын бұйымның барлық нүктелерінде сенімді байланыс қамтамасыз ететіні аса маңызды. Дәнекерлер жоғары коррозияға шыдамдылыққа ие, авиациялық және ғарыштық техникада қолданады.

Құрамында хром бар, темір және никель негізді аморфты қоспалар әртүрлі коррозиялы-агрессивті орталарда коррозияға аса жоғары кедергіге ие.

Аморфты қоспалар, тұзды қышқылдағы анодты поляризация жағдайында да питтингті коррозияға мүлде ұшырамаған.

Аморфты металлдарды жиі болашақтың материалдары деп атайды, бұл олардың, қарапайым кристаллды металлдарда кездеспейтін, қасиеттерінің бірегейлігімен байланысты.

НАНОКРИСТАЛДЫ ҚОСПАЛАР. Мұндай қоспалар, мөлшері 10... 20 нм болатын а-темірдегі кремнийдің қатты ерітіндісінің кристаллдары (нанокристаллдар) мен осы кристаллдардың төңірегінде жұқа (бірнеше атомды қабаттар) қабықша жасайтын, аморфты фазадан тұруы мүмкін аралас аморфты-кристаллды құрылымы бар қоспалар.

Нанокристаллды қоспалар үшін магнит индукциясының жоғарғы мәні $B_s > 1,2$ Тл мен магнитті жұмсақ кристаллды және аморфты қоспалар дәрежесіндегі гистерезисті магнитті қасиеттердің үйлесімділігі тән. А-темірдің қатты ерітіндісінің нанокристаллдарының құрамында шамамен 18...20% (ат.) кремний бар, сондай-ақ қатты ерітінді ішінара ретті күйде кездеседі. Магнитті қасиеттер тұрғысынан, оптималды термиялық өңдеуден кейін (1 сағат ішінде 530.550 °C температурада күйдіру) аморфты фазаның көлемді бөлігі 20.40 % құрайды және бастапқы аморфты қоспаның құрамымен салыстырғанда ниобий, мыс және бормен байытылған.

Басқа нанокристаллды қоспалармен салыстырғанда $Fe_{73}Cu_1Nb_3Si_{13}B_9$ құрамды қоспада ең жақсы магниттік қасиеттер бар, ол өндірістік ауқымда жасалады және пайдаланылады. Өтандық өнідіріс орындары шамамен осындай химиялық құрамды 5БДСР қоспасын шығарады.

Нанокристаллды қоспаларды, оларға қойылатын негізгі талаптар үлкен қанығу индукциясы, қайта магниттелуде жоғалтулардың аз, өтімділік мөлшері жоғары болатын құрылғыларда қолданады. Олар жоғары коррозияға шыдамдылыққа ие. Қарапайым көміртекті болаттар нанокұрылымды күйде, арнайы коррозияға шыдамды болаттармен салыстырғанда, аса жоғары анти коррозиялық қасиеттерге ие екендігін тәжірибелер көрсетті. Нанокұрылымды нитинол айрықша жоғары серпімділік пен ҚЖЭ көрсетеді. Магнитті қатты және магнитті жұмсақ материалдардың қасиеттері қарапайым кристалл күйдегі аналогтарының сипаттамаларын айтарлықтай басып озады.

Көлемді нанокұрылымды материалдардың механикалық қасиеттері ерекше қызығушылық туғызады. Холла—Петча өрнегіне сәйкес нанокұрылымдарды қалыптау аса берік күйге әкеледі. Металл түйірінің өлшемін 10 мкм-ден 10 нм-ге дейін кішірейту беріктікті шамамен 30 ретке арттыруға мүмкіндік береді.

Бақылау сұрақтары

- I. Коррозия дегеніміз не?
3. Қандай қоспалаушы элементтер болаттың коррозияға шыдамдылығын жоғарлатуға әсер етеді?
5. Нәліктен эксплуатация үдерістерінде коррозияға тұрақты болаттың басқа металдармен тікелей жанасуы қажетсіз?
6. Коррозиямен күрестің негізгі әдістері қандай?
7. Ыстыққа төзімді қандай болаттар бар?
8. Болаттың ыстыққа төзімділігін арттыруға қандай элементтер әсер етеді?
9. Қандай металдар баяу балкитын металдарға жатады?
10. Кристалл тордың қандай түрі жоғары суыққа төзімділікті қамтамасыз етеді?
11. Нанокристалл материалдарға қандай материалдар жатады?

8 ТАРАУ

ТҮСТІ МЕТАЛДАР МЕН ҚОСПАЛАРЫ

8.1. Магний және оның қорытпалары

Магнийдің негізгі қасиеттері. Магний - ашық сұр түсті, элементтердің периодтық кестесінің II тобы. Менделеев университеті. Өнеркәсіптік металдардың арасында магний ең төмен тығыздыққа ие ($1,74 \text{ г / см}^3$), балқу температурасы төмен (651°C). ГТО торында кристалданып, полиморфтық өзгерістерге ұшырамайды. Тотығу күйінде магний деформацияланған және күйдірілген күйде төменгі күшіне ие ($\sigma_v \sim 100 \text{ МПа}$) және пластиктен ($5 \sim 7\%$), $\sim 180 \text{ МПа}$, 5-15%. Таза магний химиялық белсенділігімен ерекшеленеді және оңай тотығады. MgO оксиді пленкасы таза магнийден гөрі едәуір жоғары тығыздыққа ие (3.2 г / см^3) және крекингке бейім. Қызған кезде қышқыл пленка өзінің қорғаныш қасиетін жоғалтады, магний тотығу жылдамдығы тез артады, ал магнийде 623°C температурада ауада тұтанатын болады.

Техникалық магнийдің механикалық қасиеттерінің төмендігі себепті құрылымдық материал ретінде қолданылмайды. Ол пиротехника және органикалық препараттарды синтездеу үшін химия өнеркәсібінде, сондай-ақ, деоксидизатор, қалпына келтіру агенті және модификатор ретінде металлургияда қолданылады.

Магний қорытпаларының жіктелуі және сипаттамасы. Магнийдің қасиеттері қосу кезінде айтарлықтай жақсарады. Магний қорытпалары төмен тығыздығы, жоғары нақты беріктігі, діріл сіңіру үшін жақсы мүмкіндігі бар. Тиісті допингке және жылу емдеумен АВ күші қорытпалар $350 \dots 400 \text{ МПа}$ жетуі мүмкін. Магний қорытпаларының алюминий қорытпаларынан артықшылығына олардың жақсы өңделуі, кемшіліктеріне балқыту және құю қиындықтар мен қысым емдеу кезінде жылыту үшін қажеттілігі, төмен коррозияға төзімділігі жатады.

Магний қорытпаларындағы негізгі беріктендіру элементтері алюминий мен мырыш болып табылады. Марганец беріктігі қасиеттеріне аз әсер етеді. Негізінен коррозияға төзімділік пен ноқат тазартуды жақсарту үшін енгізілген. Цирконий мен церий ноқат мөлшерін азайтады, сондай-ақ олардың құрылымына тиімді әсер етеді. Сығылған магний құбырларының механикалық қасиеттеріне легирленген элементтердің әсері 8.1. сретінде көрсетілген

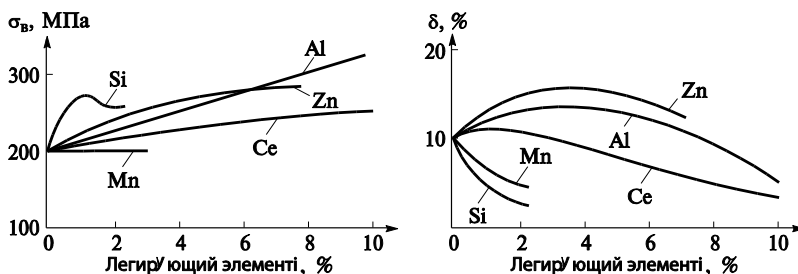
Алюминий қорытпаларынан сияқты қоспалаушы элементтердің ерігіштігі, қартаю кейін қабілеті тұратын термоөңдеу үшін магний қорытпаларын қолдануға мүмкіндік береді азайып температурасы, азаяды.

Магний мен алюминий қорытпаларын термиялық өңдеу жалпыға бірдей. Мұның өте жақын балқу нүктелері мен полиморфты түрлендірулердің болмауы түсіндіріледі. Магний қорытпаларының ерекшелігі магний қатты ерітіндісіндегі көптеген компоненттердің диффузия жылдамдығының төмендетуі болып табылады. Диффузиялық процестердің төмен қарқындылығы дендритикалық сұйылтудың дамуына ықпал етеді, қызудың жоғары әсерін талап етеді, су тотығу кезінде қатты ерітінділерді бекітуді жеңілдетеді және қартаю кезінде ерітілген ерітінділердің ыдырауын болдырмайды.

Мықты қасиеттерін арттыру үшін магний қорытпалары сөніп, қартайады. Диффузия жылдамдығының төмен болуына байланысты, әдетте ауада сөндіру жүргізіледі, жасанды қартаю салыстырмалы жоғары температураларда (200 ... 250 ° C) және ұзақ уақытқа әсер етеді (16,24 сағ).

Магний қорытпалары ыстық күйде жоғары пластиктен тұрады және қыздырылған кезде жақсы деформацияланады. Деформацияланған қорытпалар үшін диффузияның жырылуы әдетте қысымды өңдеуге арналған қыздырумен біріктіріледі. Магний қорытпалары кесу, оңай жерге және жылтыратумен, қорғаныс атмосферасында жүзеге асыруға ұсынылған роликті және доға пісіру арқылы дәнекерленген дәнекерлеу арқылы жақсы өңделеді.

Магний қорытпаларынан кемшіліктері құю кезінде газ қаныққан, тотығу және от кедей castability және бейімділігін болып табылады. Бериллий қоспалар (0,02.0,05%) - балқыту кемшіліктерді болдырмау үшін (0,2%), шағын пайдалану және тотығу қабілеті, кальций толықтырулар кеуектілігі азайту үшін арнайы ағындарды пайдаланыңыз.



Сурет. 8.1. Магнитофонның механикалық қасиеттеріне легирленген элементтердің әсері.

Деформацияланған және қою өндіріс қорытпалары бар. Деформацияланатын қорытпалар МА, түз байыту - ML, содан кейін қорытпа санымен белгіленеді. Ресейде өндірілген кейбір магний қорытпаларының құрамы мен қасиеттері кестеде келтірілген. 8.1.

Магний қорытпаларын қолдану. Төмен тығыздығы мен жоғары беріктігі арқасында, магний қорытпалары әуе кемелерінің құрылысында кеңінен қолданылады. Олардың ішіндегі аппараттар, сорғылар, шамдар және кабинаның есіктері жасалады. Sikorsky тікұшақтарының (АҚШ) фюзеляждары толығымен магний қорытпаларынан жасалған.

Зымыран технологиясындағы магний қорытпалары зымырандардың, пилингтердің, тұрақтандырғыштардың, отын цистерналарының қабықшаларын өндіруде қолданылады. Магнийдің жылу қуаты болатқа қарағанда 2,5 есе көп. Бірдей жылуды сіңіріп, ол 2,5 есе аз қызады. Қысқа мерзімді ұшу кезінде магний қорытпалары төмен балқытатын нүктеге қарамастан, қызып кету уақытына ие емес. Мұндай «әуе-әуе» деп қысқа жұмыс зымыран басшылыққа зымыран және магний қорытпалары тиіліп құрылымын құрайды. Магний қорытпаларын пайдалану ракеталардың массасын 20 ... 30% -ға азайтуға мүмкіндік берді.

Қаптауға корпустардың, стрингерлер, Лонжероны, қолдау құрылымдары тежегіштерге, волноводов және басқа да егжей-тегжейлі - құю магниттік қорытпалардан жақшалар, бекітпе, Элероны, Деформацияланатын бастап құйрық аспапты өндірді.

Магний қорытпалары көліктік машинада қозғалтқыш крандылар мен автокөліктерді тасымалдауға арналған.

1967 жылдан бастап Fiat қысыммен магний қорытпаларын шығаратын дөңгелектерге арналған дөңгелектерді пайдаланады. Бұл дискілер жақында әлемнің көптеген автомобиль компаниялары пайдаланылады. Магний қорытпалары портативті қолмен және электр құралдары мен машиналардың құрылысы (және т.б. бұрғылау және тегістеуіш станоктар, орман аралар, гүлзарлармен, пневматикалық құралдар,) пайдаланылады.

Олар электр және радио тоқыма өнеркәсібі (тұрғын үй құралдары, электр қозғалтқыштар), (катушкалар, бобиналар, катушкалар т.б.) және басқа да салаларда қолданылады.

Коррозияға төзімділігі төмен болғандықтан, магний қорытпасы өнімдері тотықтырылады. тотыққан бетіне қосымша жабындары қолданылады.

Магний маңызды қолдану атом электр болып табылады. Термиялық нейтронды сіңіру қабілетіне, уранмен өзара әрекеттесудің жоқтығына және жақсы жылуөткізгіштікке байланысты магний қорытпалары ядролық реакторларда отын элементтерінің қабықтарын дайындауға арналған.

Кесте 8.1. **Магний қорытпаларының химиялық құрамы мен механикалық қасиеттері**

Бренд қорытпасы	Құрамы, %				Жылу өңдеу режимі	МПа	°0,2>	5, %
	А1	Мп	Зп	Басқа элементтер			МПа А1	Мп
Деформацияланатын қорытпалар (ГОСТ 14957-76)								
МА1	—	1,3 ...2,5	—	—	жыпылықтайды	МА1	—	1,3 2,5
МА2	3 ... 4	0,15... 0,5	0,2 ...0,8	—	жыпылықтайды	МА2	3 ... 4	0,15... 0,5
МА5	7,8 ...9,2	0,15... 0,5	0,2 ...0,8	—	Қаттылдау қартаю	МА5	7,8 ...9,2	0,15... 0,5
МА14	—	—	5...6	0,3 ...0,9 Zr	Қаттылдау қартаю	МА14	—	—
МА18	0,5... 1	0,1 ...0,4	2...2,5	10... 11,5 0; 0,15...0,35 Ce	жыпылықтайды	МА18	0,5... 1	0,1 ...0,4
МА19	—	—	5,5 ...7	0,5 ...1 Zr; 0,2 ...1 Cd; 1,4... 2 Nd	Қаттылдау қартаю	МА19	—	—
МА20	—	—	1 ... 1,5	0,05...0,12 Zr; 0,12... 0,25 Ce	жыпылықтайды	МА20	—	—
ВДМ-1	—	—	1,2 ...2	2,5... 3,5 Th	Қаттылдау қартаю	ВДМ-1	—	—
Құю өндірісі қорытпалар (ГОСТ 2856—79)								
МЛ5	7,5 ...9	0,15... 0,5	0,2 ...0,8	—	жыпылықтайды	МЛ5	7,5 ...9	0,15... 0,5
					Қаттылдау қартаю			
МЛ8	—	—	5,5 ...6,6	0,7... 1,1 Zr; 0,1...0,8 Cd	Қаттылдау қартаю	МЛ8	—	—
МЛ10	—	—	0,1 ...0,7	0,4... 1 Zr; 2,2 ...2,8 Nd	Қаттылдау қартаю	МЛ10	—	—
МЛ19	—		0,1 ...0,6	0,4... 1 Zr; 1,6 ... 2,3 Nd; 1,4... 2,2 Y	»	МЛ19	—	

Магний қорытпаларынан жоғары электронитативті әлеуетті теңіз суда жұмыс істейтін теңіз флотының және құрылымдардың коррозиядан катодты қорғау, олардың пайдалануға мүмкіндік береді және коррозиядан қорғау үшін мұнай, топырақ газ жерасты болып табылады, және т.б.

8.2. Алюминий және оның қорытпалары

Алюминийдің негізгі қасиеттері. Алюминий және алюминий қорытпалары - әуе кемелерінің қолданылған алғашқы құрылымдық металдар. Біздің уақытта бөлінбеген әуе кемесі алюминий, оның маңыздылығы қазіргі заманғы әуе кемелерін 3/4 салмағы металдар арасында бірінші орынға алюминийден жасалған. Іс жүзінде алюминий қорытпаларын пайдаланбайтын бірде-бір машина жасау саласы жоқ. Олар осылайша құрылыс, кеме, темір жол және автомобиль көлігі, әуе кемесін, мұнай және химиялық машина жасау, электротехникалық машина жасау және құрылыс пайдаланылады. Г. Алюминий қорытпалары ғарыш кеңістігінде пайдаланылатын криогенді жабдықтар үшін кеңінен қолданылады. сығылған гелий 6,5 м немесе одан да көп, цилиндр диаметрі сұйық сутегі және оттегі осы дайындалған цистерналардың.

барлық жеңіл металл алюминий болат өндіру кейін жаһандық Өнеркәсіп екінші алып, ең өндіріс көлемінің сипатталады.

1880 жылдың соңына дейін. Алюминий дерлік өндірілмеді және алтыннан әлдеқайда арзан болды. Наполеон III банкеттік сипаттамасы сақталған, және онда корольдік қан тек қонақтар алюминий қасықтар мен шанышқылар бар марапатталды. Қалғандар әдеттегі алтын мен күміс техникаларын пайдаланды.

1886 жылы американдық студент Чарльз Холл мен жас француз инженері Пол Эру криолит-алюминий балқимасының электролизі арқылы алюминийді өндірудің заманауи әдісін жасады. Осыдан кейін алюминий өндірісі кеңейе бастады, оның басталу бағасы күрт төмендеді.

Алюминий FCC тор жоқ полиморфты өзгерістерді бар, тығыздығы төмен бар (2.7 г / см3), балку температурасы төмен нүктесі (660 ° C), жоғары электр және жылу өткізгіштігі төмен беріктігі (AB = 100 МПа), Икемділік (жылы кристалдануы 5 = 35%) және коррозияға төзімділігі жоғары. әрі қарай тотығу қорғайды металл жұқа, бірақ тығыз Al2O3 тотықты пленка оның бетінде қалыптастыруға байланысты алюминий Жақсы коррозияға төзімділігі. бір-біріне жақын металл оксиді, сондықтан оксиді фильмнің нақты көлемі барлық газдар үшін металл және malopronitsaema үшін жақсы адгезиясы ие. Пленканы қорғау әсерінен алюминий атмосферада және көптеген органикалық қышқылдарда жоғары коррозияға төзімділікке ие. Каустикалық алкалаттарда алюминий тез ериді. Алюминийден аз қоспалар, оның коррозияға төзімділігі артады.

Зертханалық мақсаттар үшін пайдаланылатын жоғары тазалықтағы алюминий 99,99% , техникалық мақсаттарға арналған алюминий бар - 99,5%. Алюминий жақсы деформацияланған және дәнекерленген, бірақ кесу арқылы нашар өңделеді. оны Rolling қаптама материал ретінде пайдаланылатын жұқа фольга алуға болады.

Алюминий қорытпаларының жіктелуі. техникалық алюминий төмен беріктігі байланысты жеңіл жүктелген құрылымдық элементтерін дайындау үшін пайдаланылады. Алюминий негізіндегі қорытпалар құрылымдық материалдар ретінде кең қолданысқа ие.

Барлық алюминий қорытпаларын үш топқа бөлуге болады:

- темірлердің, қалыптаудың арналған Деформацияланатын, түтіктер прокат;

- Құю өндірісі;

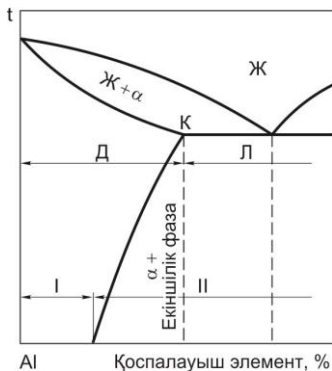
- ұнтақ металлургия (күйеженіктелген алюминий ұнтақ (SAP) және қорытпалар (SAS)) өндірілген.

Сығылған алюминий қорытпаларынан басты қоспалаушы элементтер мыс, мырыш, магний және марганец болып табылады. тепе-теңдік шарттары қорытпалар CuAl_2 түрі (0-фаза), Al_2CuMg (S-фаза), Al_6CuMg_4 (T-фаза), және т.б. интерметалдық фазалардың жауын қатты ерітінді тепе-теңдік. Алюминийдегі тұрақты қоспалар - алюминийде іс жүзінде ерімейтін темір және кремний. Бір мезгілде олардың қатысуымен Al-Fe-Si үштік химиялық қосылысының жаңа фазасы пайда болады. Бұл қоспа ноқат шекаралары бойымен шығарылады және алюминийдің иілгіштік қасиетін азайтады. Деформацияланатын алюминий қорытпасындағы темірдің және кремний қоспаларының құрамындағы шектеу 0,5% -дан аспауы керек. Жоғары тазалықтағы қорытпалар кәдімгі қорытпалардан 30% жоғары креске төзімділік сипаттамаларына ие. 100 140 килоцикл бастап төменжілікті шаршау артады кезінде сәтсіздікке саны цикл, және шаршау КРЭК өсу қарқыны 7 2.7 мм / кцикл дейін төмендетілді. Алюминий қорытпалары хаттар немесе дәстүрлі сандармен белгіленеді. Жиі қорытпасынан жағдайын анықтау шартты берілген символдар саны: М - жұмсақ (жасыту); Т - термикалық өңдеу (сөндіру және қартаю); Н - қатайтылған және т.б. Типтік алюминий-легирленген элементтер диаграммасының диаграммасы күріш. 8.2. Мемлекеттік диаграмма бойынша алюминий қорытпалары деформацияланатын және құйма құймаларына технологиялық қасиеттері бойынша бөлінеді. К нүктесі эвтектикалық температурада алюминийдегі легирленген элементтің шектік ерігіштігіне сәйкес келеді. К нүктесінің сол жағындағы қорытпалар бір фазалы қатты ерітінді құрылымына ие, иілгіштік және төмен күш береді. Осылайша, осы түрдегі қорытпалар оңай қысыммен өңделеді және деформацияланатын қорытпалардың санатына жатады.

Өз кезегінде, істегендеріңнің қорытпалар екі түрі бар:
I - күшейтілмеген термоөндеу және II - жылу-шындалған.

Сығылған алюминий қорытпалары термоөндеу жолымен шынықтыру емес, қоспалау элементтер мазмұны бөлме температурасында қатты ерітінді қанықтыру шегі аз. Термалды түрде нығайтылған алюминий қорытпаларында легирленген элементтердің мазмұны олардың тепе-теңдік концентрациясынан асып түседі.

Қорытпалар, қоспалау элементі мазмұны, нүктесі K оң болып табылады қатты ерітінді және онда эвтектика тұратын құрылымы нашар деформацияланған бар, бірақ байланысты онда эвтектика қатысуымен жақсы құю қасиеттері бар: тұрақсыздығы және құю кеуектілігі жоғары концентрациясы. Тұрақты температурада (эвтектикалық қорытпалар) кристалданатын қорытпаларда жақсы ағым байқалады.



Сурет. 8.2. Алюминий-қорытпа қорытпалардың жай-күйінің типтік диаграммасы:

Ж - сұйық ерітінді; D - деформацияланатын қорытпалар; L - құю құймалары; I - термиялық өндеу арқылы қатайтылмаған қорытпалар; II - термиялық өндеуден қататын қорытпалар

Жалпы көлемі тұрақты болып қалады немесе тегіс өзгеріп отырады, ал тері тесігін құю таңба, кристалдану

температурасы аралығының еніне байланысты. Кристалдану аралығы, кіріс бөлігінің ішіне тәркіленд астам қойылтылған шөгу қуысының, және тиісінше, ең тығыз металл құю аз. Алайда, эвтектикалық компонент өте үлкен болса, қорытпаның механикалық қасиеттері нашарлайды.

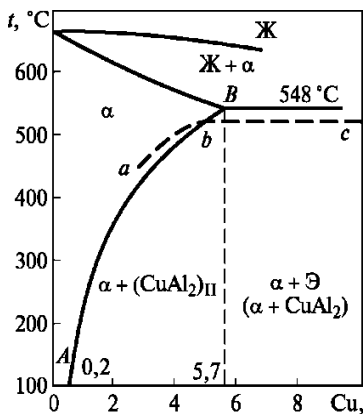
Ресейде өндірілген кейбір алюминий қорытпаларының құрамы мен қасиеттері кестеде келтірілген.
8,2

Деформацияланатын алюминий қорытпалары. Термоөндеу арқылы қатайтылмаған деформацияланатын қорытпалар салыстырмалы түрде төмен беріктігі бар, бірақ жоғары иілгіштік және коррозиялық төзімділікке ие.

Кесте 8.2. Алюминий қорытпаларының химиялық құрамы мен механикалық қасиеттері

Бренд қорытпасы	Құрамы, %				Жылу өңдеу режимі	МПа	°0,2> МПа	8, %
	Си	Mg	Mn	Басқа элементтер				
Термиялық емдеуде күшейтілмейтін деформацияланатын қорытпалар (ГОСТ 4784-74)								
АМц	ОД	0,2	1... 1,6	—	жыпылықтайды	130	50	20
АМг2	ОД	1,8...2,6	0,2... 0,6	—	жыпылықтайды	190	100	23
АМг5	ОД	5,8...6,8	0,5 ...0,8	0,02... ОД Ti; 0,002...0,005 Be	»	340	170	20
Термиялық өңдеу арқылы қатайтылған деформацияланатын қорытпалар (ГОСТ 4784-74)								
Д1	3,8...4,8	0,4... 0,8	0,4...0,8	—	Қаттылдау картаю	400	240	20
Д16	3,8...4,9	1,2... 1,8	0,3 ...0,9	—	Қаттылдау картаю	440	330	18
В95	1,4...2	1,8...2,8	0,2... 0,6	0,01... 0,25 Cr; 5... 7 Zn	»	540	470	10
В96	2...2,6	2,3 ...3	0,3 ...0,8	8... 9 Zn	»	750	720	7
АК6	1,8...2,6	0,4... 0,8	0,4...0,8	0,7... 1,2 Si	»	400	300	12
ВАД23	4,8...5,8	Не более 0,05	0,4...0,8	0,9... 1,4 Li; 0,1...0,25 Cd	»	450	280	20
01420	—	5...6	—	1,9...2,3 Li; 0,09...0,15Zr	»	420	270	5
Құю құймалары (ГОСТ 2685-75)								
АК12 (АЛ 2)	—	—	—	10... 13 Si	Жерге құю	180	80	6
					Суық құйып құю	220	90	5
АК9 (АЛ4)	—	0,17... 0,3	0,2...0,5	8... 10,5 Si	Жерге құю (қатайту + картаю)	260	200	4
АМ5 (АЛ 19)	4,5...5,3	—	0,6... 1	0,15... 0,35 Ti	Жерге құю (қатайту + картаю)	360	250	3

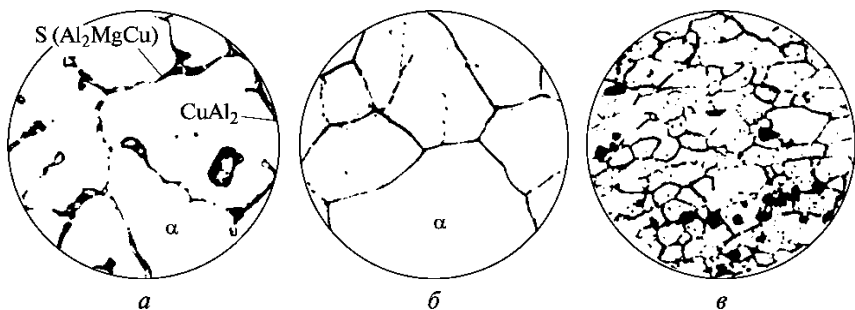
Олар жабық күйде немесе суық пластик деформациясымен қа-тайтылады. Мұндай қорытпа-лардың құрамында АМС типті қорытпалары (Al-Mn жүйесі) және АМg типі (Al-Mg жүйесі) бар, олар қысыммен және дәнекерлеумен жақсы өңделеді. Олардың ішінен шойын материалынан терең сызу арқылы жасалған өнімдер әдетте дайындалады. Тығыздығы төмен және жеткілікті. Күшті алюминий-магнийлі қорытпалар жиі қолданылады.



Сурет. 8.3. Диаграмманың сол жақ бөлімі
Al-Cu орытпаларының күйі:
Ж - сұйық ерітінді; Е - эвтектикалық; -
қорытпалардың температурасын сөндіру

Термиялық өңдеу арқылы қатай-тылған деформацияланған қорытпа-лар кеңінен қолданылады. Деформа-цияланатын жылуды күшейтетін алю-миний қорытпаларының мысалы – мысмен алюминий қорытпалары. Al-Cu мемлекеттік диаграммасынан (8.3-сурет) қатты алюминийдегі мысдың максималды ерігіштігі 547 ° С температурада 5,7% құрайтынын көруге болады. Температура

Ерігендік 20 ° С кезінде 0,2% төмендейді. Айнымалы ерігіштігі бар А сызықтың болуы ағып кету және қартаю арқылы қорытпаны қатайтуға мүмкіндік береді. Құймадағы микро құрылымы қатты күйдегі ерітіндіден және CuAl₂ интерметаллидтерінің екінші фазасынан тұрады. Абс сызығына сәйкес келетін температураға сөндіру үшін қыздырылған кезде артық металмалидтік фазалардың еруі орын алады. Жылдам салқындату 5,7% мыс дейін Пересыщенный қатты ерітінді қорытпалар белгілейді. құрамы нүктесі В тиісті пересыщенного қатты ерітінді қосымша құрылымында 5,7% астам мыс мазмұнымен шындалған қорытпалар, жылыту ерітін кристалдардың CuAl₂ кезінде қатысуға болады. Шынығу толығы қатты ерітіндінің ыдырауы болдырмайтын жылдамдықпен жүзеге асырылуы тиіс. Қаттылдау әдетте суда жүзеге асырылады. Жеңілдетуден кейін қорытпалардың күші аз және иілгіштік деформацияға ие. Шындалған бөліктері Деформацияланатын технологиялық операциялардың ұшырауы мүмкін: иілу, фланец, tasklepке тойтармалар. әрі қарай 10 ... 24 сағ. Толығырақ тиімді табиғи қартаю шамамен 150 ° С температурада бірнеше күн немесе жасанды қартаю табиғи кезең ұшыраған қорытпаларды беріктендіру үшін. Бұл жағдайда қорытпалардың жоғары пластиктері бар және стресс-концентраторларға сезімтал емес. Суретте. 8.4 Duralumin D16 түрлі күйлерінің микроқұрылымын көрсетеді.



Сурет. 8.4. Duralumin D16 микроқұрылымы 300 рет артуы:
 а - құйма қорытпасы (ерітінді, CuAl_2 , S-фазасы Al_2MgCu); б - деформацияланатын қорытпа
 сөндіруден кейін (supersaturated a-ерітінді); в - қаттылық пен қартаюдан кейін қорытпа

Тозудың алғашқы кезеңінде мыс концентрациясы жоғары, Гуиньер-Престон деп аталатын аймақтары пайда болады. Осы кезеңде мыс атомдары ерітіндіден әлі босатылмаған. Өсті концентрациясы аймақтары мыс кристалдық тор металл қаттылығын және күшін арттырады, ол үлкен күйзеліске бар кристалдануы, бұрмаланған. Престон арттыру, содан кейін минуттық бөлшектер кейіннен қоюландырылған *vudlenie* интерметаллидов орын -. Одан әрі қартаю аймағы Guinier дамуымен Гуиньер-Престон аймақтарын қалыптастыру процесі және алдын-ала эмиссиялық кезеңге қол жеткізу максималды қартаюға әкеледі.

Ең әйгілі деформацияланатын алюминий қорытпалары дуралаймин болып табылады, құрамында 2,5 - 5% мыс, 0,4. Магнийдің 1,8%, 0,4 ... 0,9% марганец. Мыс пен магний қорытпаға беріктендіріледі, марганец күшейту әсерін арттырады және оның коррозияға төзімділігін арттырады. Ең үлкен беріктендіру қартаюдан кейін қол жеткізіледі.

Олар пропеллерами, кадр, бақылау өзектердің, және т.б. қалақтардың өндіру үшін, ұшақта жиі қолданылатын материалдардың бірі болып табылады, сондықтан дюралюминия артықшылығы, жоғары нақты күші болып табылады. жүк органдары үшін көптеген инженерлік салалардың (құрылыстарды, азық-түлік пайдаланылатын Дюралюминий және контейнерлерді, конвейерлерді, сепараторларды, қалқымалы камераларды, фитингтерді, құбырларды және т.б. өндіру үшін салқындатқыш өнеркәсіп.

Дуралиннің коррозияға төзімділігі аз. киімі парағы дюралюминия коррозияға төзімділігін арттыру үшін - таза алюминий қабатымен қапталған және бірлескен жылжымалы парақтарын шығарады. Қабаттың қалыңдығы 2,5% болатын алюминий негізгі металға дәнекерленген және оны тоттанудан қорғайды.

Дуралюмин компоненттерінің коррозияға төзімділігін арттыру үшін олар сонымен қатар күкірт қышқылының 10% ерітіндісінде анодтық поляризацияға ұшырайды. Босатылған оттегі қышқылдан қорғайтын оксид пленкасының дуралиндік құрамдас бөлігінің бетінде қалыптастыруға ықпал етеді.

Әл-Zn-Mg- Cu (түрі B95, B96) туралы Сығылған алюминий негізіндегі қорытпалар барлық алюминий қорытпалардан ($\sigma_B = 500 \dots 750$ МПа) арасында ең жоғары күш, бірақ төмен Икемділік ($\delta = 7.10\%$) бар. Осы қорытпаларын қартаю әсері жоғары болып табылады және дисперстік фаза М ($MgZn_2$) және Т ($AlZnMg$) ұсыну арқылы қол жеткізуге болады. Мырыштың көп мөлшерде болуы мыстың қартаюға қатыспайтыны, созылмалы қатты ерітіндіде сақталып, ұзарту мен коррозияға төзімділігін арттырады. Бұл легирленген жүйенің қорытпалары әуе кемелерінде қатты жүктелген бөлшектер үшін пайдаланылады.

Машиналардың ұшу массасын азайту ұшақ және ракета құрылысы саласында жұмыс істейтін дизайнерлердің ең маңызды міндеті болып табылады. Литийді қоспалау үшін литий қолданылады - металдар арасында ең жеңіл (тығыздығы 0.5 г / см^3). Қазіргі уақытта термоөңдеу кезінде жүйелер қорытпалар Al-Cu-Ли (VAD23) және Әл-Mg-Ли (01420), және қартаю олардың режимдерін дамыған. Осы типтегі қорытпаларда, жасанды қартаю кезінде, табиғи қартаюмен салыстырғанда, одан да көп қатайтылады. Қорытпалар дуралиннің ($\sigma_B \sim 400$ МПа) беріктігіне жақын, бірақ әлдеқайда төмен тығыздығына ие.

Al-Cu-Li допингтік жүйесін күшейту (VAD23) дисперстік Al_2CuLi сатысын қартаю кезінде бөлу арқылы қол жеткізіледі. Қаттылықтың әсері аз мөлшерде кадмий (0,1 0,25%) енгізу есебінен күшейтіледі. Термалды өңдеуден кейін максималды әсер 5,6% мыс және 1,4% литий бар қорытпалардан алынған, композицияда VAD23 қорытпасына ұқсас. VAD23 қорытпасы жоғары беріктігі, қаттылық және ыстыққа төзімділігі төмен тығыздықты біріктіру керек өнімдер үшін құрылымдық материал ретінде пайдаланылады. VAD23 қорытпасы жоғары технологиялық икемділікке, әсіресе ыстық деформацияға ие. Деформацияланған жартылай фабрикалардың барлық түрлерін, соның ішінде фольганы, алуға болады.

Әл-Mg-Ли жүйесін қорытпалар (- B95 қорытпасы қорытпасы D16 және 15% -дан 12% жеңіл) барлық белгілі алюминий қорытпаларынан жеңіл болып табылады. Массалағы осындай айтарлықтай төмендеу алюминийден әлдеқайда жеңіл болатын. 01420 қышқылының Al-Mg-Li жүйесінің қаттылығына әсер ететін фаза 5-кезең (Al_3Li) болып табылады. Қаттылық фазасын оқшаулау матрицаның магниймен сарқылуына алып келмейді. 01420 қорытпасы және оның дәнекерленген қосылыстары Al-Mg жүйесінің $AlMg_6$ қорытпасының қасиеттеріне жақын, жоғары коррозиялық қасиеттерге ие.

Қорытпалардың икемділігі модулі әдетте компоненттердің икемділігі мен қорытпасындағы олардың мазмұнына байланысты шамамен қоспа түрінде өзгереді. Ең литий модулі өте төмен болып табылады, дегенмен, бұл уақытында алюминий қарағанда 4% -ға жоғары: қорытпалар Al-Mg-Ли тым жоғары модулі. төмен тығыздығы комбинациясы арқылы, серпімділік жоғары модулі, коррозияға төзімділігі және жақсы сыйысымдылық пайдалану қорытпалар Al-Mg-Ли жүйесі үздіксіз аэроғарыштық техникада кеңейтеді.

төмен цикл жүктемелер кезінде сынықты қарсылық жақсарту үшін қартаю кезінде босатылған орта бөлшектердің aluminides дисперги арттыру қажет сенімділік авиациялық материалдардың маңызды сипаттамалары болып табылады.

D16 (Al-Cu-Mg) және B95 (Al-Zn-Mg-Cu) сыныбының жоғары беріктігі алюминий қорытпалары ұшақ өнеркәсібінде көптеген ондаған жылдар бойы қолданылған. Жарықтарға кедергісінің артуы темір мен кремнийдің зиянды қоспаларының шектеулі мазмұнын тиісінше 0,5-ден 0,15-ке және 0,1-ге дейін азайтуға ықпал етті. Төзімділік (циклдің сәтсіздікке дейін) 100-ден 165-ге дейін көбейгенін көрсетті, ал жарықшақтың өсу қарқыны 6-дан 2,5 мм-ге дейін төмендеді. Алайда, қорытпалардың тазалығын одан әрі арттыру техникалық және экономикалық себептерге байланысты қиындықтарды тудырады.

Жоғары алюминий қорытпаларының қорын одан әрі ұлғайтуға скандий мен цирконий қосындыларымен бірлескен допингпен қол жеткізуге болады. Жоғары сынуы қарсылық салдарынан A13 (Sc1-X, Zrx) сфералық нысан, 15 нм орташа мөлшерімен толық келісілген матрица ұсақ бөлшектердің қалыптастыруға төмен цикл шаршағандық сыналған кезде, бөлшектердің арасындағы орташа қашықтық 300 нм болатын. Мұндай бөлшектердің болуы шаршау жарықтарының таралуына жол бермейді.

Ресейде скандий мен цирконий қоспасы бар қорытпа жасалады, термиялық өңдеу арқылы қатайтылмайды. 01570 қорытпасы 6% магнийден тұрады, бірақ AlMg қорытпасынан айырмашылығы 0,15 ... 0,35% скандий және 0,05 ... 0,15% қосымша цирконий легирленген. Скандий өзіне күшті модификатор ретінде көрінеді, ол дендрит емес құрылымымен тығыз құймаларды өндіруді жеңілдетеді. Кейінгі қыздыру кезінде қатты алюминий ерітіндісі қатты және шаршау кедергісін тудыратын A13Sc және A13 (Sc1-x, Zrx) дисперсті бөлшектерін қалыптастыру үшін ыдырайды. AlMg6 жасыту қорытпасы парақ AB = 340 МПа және A02 = 180 МПа болса, қорытпасынан беріктігі AB 01570> 400 МПа жоғары Икемділік 5 = 15.20% кем а0> 2> 300 МПа. Al-Mg негізіндегі барлық қатты емес қорытпалар сияқты, 01570 қорытпасы жақсы сваривтілігіне ие, скандиум біріккен құрылымға өзгеріс әсер етеді.

Кесте 8.3. Сканди мен цирконийдің механикалық қасиеттерге әсері

Құрылыс, %		σ , МПа $\sigma_{0.2}$	$\sigma_{0.2}$, МПа	5, %
Sc	Zr			
0	0,07	480	455	10,5
0,03	0,07	540	500	10,3

Термикалық скандий және цирконий аз мөлшерде енгізу ұқсас алюминий қорытпаларынан Әл-Zn-Mg-Cu құрамы механикалық қасиеттері кестеде көрсетілген. 8.3.

Термикалық дамыған қорытпа 01970 5,2% мырыш, 2% магний, 0,3% марганец, одан әрі legirovan-ny 0,2% скандий, және 0,1% цирконий бар. Оның қартаюынан кейінгі қасиеттері келесідей: $\sigma_v = 480 \dots 520$ МПа; $2\sigma > 420 \dots 490$ МПа; $\sigma = 11 \dots 15\%$, әдеттегі жоғары беріктігі бар қорытпалармен салыстырғанда, 2-ден 2,5 есе төмен циклдық шаршау кедергісін жоғарылатады. Қорытпа коррозияға төзімділігі жоғары. Дәнекерленген жіктер қорытпалар, скандий, легирленген барлық белгілі алюминий қорытпаларынан жоғары күші сипатталады және ең маңызды құрылымдардың алу үшін ұсынуы мүмкін. Скандиймен қорытпаларды пайдалану салыстырмалы түрде жоғары құны бойынша шектеледі. Алайда құрылымдардың массалық және металл қабілетін төмендетуі қажеттілігі олардың болашақта кеңінен қолданылуын болжауға мүмкіндік береді.

Әуе кемелерінің массасын азайту үшін бірқатар жағдайларда арнайы әзірленген технологиялық әдістер қолданылады. Әуе кемелерінің корпус бөлшектерін (фюзеляж, қанат) және басқарылатын ракеталарды дайындау кезінде жасушалық құрылымдар арқылы қол жеткізуге болады. сыртқы қабығы беріктігі жоғары материалдардан жасалған және дәстүрлі алюминий қорытпаларынан толтырғыш жабысқақ ұялы құрылымдардың ретінде пайдаланылады.

Авиациялық материал - қалыңдығы 100 мм-ге дейінгі жолақтар мен парақтар түрінде өндірілген көбік алюминийі әзірленді. Ол сұйық алюминий немесе оның қорытпаларын ұнтақталған газдық қоспаларды қосу арқылы жасалады, мысалы, титан мен цирконий гидридтері. Гидридтер қысыммен енгізіледі, бірақ сутектің эволюциясы мен көбіктенуі басталып, қысым пайда болады. Көбік құлап кетпес үшін, көбік алюминийі сумен бүрку арқылы салқындатылады. Көбік алюминийінің тығыздығы 0,2 ... 0,6 г / см³. Көбік алюминийін кесу, кесу, кесу арқылы өңдеуге болады.

Әдіс құйма алюминийді қорытпаны ыдысқа құйып, белгілі бір тұз түйіршіктерімен толтырылған құйып, тұзды суға еруі арқылы белгілі.

Құйма алюминий қорытпалары. Құйма қорытпалары жоғары ағымдылыққа ие болуы керек, ыстық сызаттар мен кеуектіліктерді қалыптастыруға бейімділігі төмен болуы керек. Құйма қасиеттерінің жоғары деңгейін қамтамасыз ету үшін кристалданудың минималды тиімді диапазоны қажет. Жоғары құю қасиеттері эвтектикалық құрылымы бар қорытпаларға ие. Ең кең таралған құмалы қорытпалар - жоғары силикон мөлшері бар сульмин деп аталады (5% -дан астам) алюминий қорытпалары.

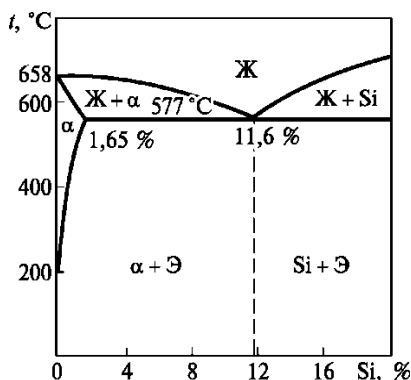
8.5 суретте алюминий-кремний жағдайының диаграммасының сол жағын көрсетеді. Силаминдер эвтектикаға жақын композицияға ие, сондықтан олар жоғары құю қасиеттеріне ие. Ауқымды коррозияға төзімділігі жоғары 10 ... 13% кремний бар АК12 (AL2) маркалы силомин кең таралым алды. Оның құрылымы эвтектикалық ($\alpha + \text{Si}$) қатты ерітіндісінен тұрады (8.6-сурет). Силоминнің күші жоғары емес: $\sigma_b = 180 \text{ МПа}$; $\sigma_{0,2} = 80 \text{ МПа}$; $\delta = 7\%$.

Күштік қасиеттерге жоғары талаптарға сәйкес дегенде, құрамында 4,10% кремний бар алдын-эвтектикалық силаминдер және мырыш, мыс, магний және марганец шағын қоспалары қолданылады.

Кеуекті емес жоғары сапалы құймаларды алу үшін авиациялық металлургия зауыттарында академик А.А. Бочвар әзірлеген қысыммен кристалдану әдісі қолданылады.

Силоминнен басқа мыс және магниймен қосылған құйма қорытпалары пайдаланылады, олар құю қасиеттерін біршама нашарлатады, бірақ жоғары механикалық сипаттамалары, соның ішінде температура көтерілгендеі. Мұндай қорытпаларды термиялық өңдеуге болады.

Ноқатты ұнтақтау үшін және механикалық қасиеттерді жақсарту үшін алюминий қорытпаларын модификацияға ұшыратады.



Сурет. 8.5. Қорытпаның фазалық диаграммасы, Al-Si жүйесінде: Ж - сұйық ерітінді; Э – эвтектикалық



Сурет. 8.6. Силоминдегі эвтектикалық

Модификаторлар ретінде NaF натрий фторлы тұздары мен NaCl натрий хлоридінің қосындылары қоспаның массасынан 2 ... 3% мөлшерінде пайдаланылады. Өзгертуден кейін силиоминнің беріктігі 25% -ға, ал ұзарту 2 есеге артады.

Алюминий қорытпаларын таңбалау. Алюминий қорытпаларын белгілеу үшін аралас алфавиттік және әріптік-сандар белгілері қолданылады. Болттар мен мыс қорытпаларын таңбалаудан айырмашылығы- бұл жүйелік емес. AMz қорытпаларында Mj марганец, магний қорытпалары AMg (Al-Mg) дегенді білдіреді. D әрпі дуралиннің түрінің қорытпаларын білдіреді. AD бас әріптері техникалық алюминий, әріптер AK - алюминий қорытпаларын білдіреді. Белгінің басында B әрпі күшті алюминий қорытпасын білдіреді. Деформацияланатын қорытпалардан алынған жартылай фабрикаттардың жағдайы әріптік-сандық таңбамен анықталады: M - жұмсақ, жабылған; T - қатты және табиғи түрде қартайған; T1 - жасанды және қартайған; H - қатайтылған; P - жартылай қатайтылған; H1 - қарқынды қатайтылған (парақтардың суықтай жұмысы шамамен 20%); TH - қатайтылған, табиғи түрде қартайған, қатайтылған; T1H - қатайтылған, қатайтылған және жасанды түрде қартайған; T1H1 - қатайтылған, қатайтылған 15. 20% және жасанды ескірген. Құю құймаларын термоөңдеу түрлеріне арналған дәстүрлі белгілер: T1 - қартаю; T2 - жану; T3 - беріктендіру; T4 - беріктендіру және табиғи қартаю; T5 - беріктендіру және толық емес жасанды қартаю; T6 - қатты қаттылық пен толықтай жасанды қартаюды; T7 - төзімділікті нығайту және тұрақтандыру; T8 - беріктендіру және жұмсарту демалыс. Кастинг әдісі әріптермен белгіленеді: 3 - жерге; O - қабығының қалыптарында; B - балқыған модельдерде; K - шабылған қалыпқа; D - қысым астында. M әрпі кастинг кезінде қорытпаның модификациясына ұшырайтынын білдіреді.

8.3. Титан мен оның құймалары

Титанның негізгі қасиеттері. Титан жер қыртысында кең таралған. Оның үлесі шамамен 0,6 %-ды құрайды, ал таралымы бойынша алюминия, темір және магниядан соң төртінші орынға ие. Алайда титан алудың өнеркәсіптік тәсілі тек 1940 жылдары шығарылды. Ұшақ және ракета құрылысының өндірісі саласындағы прогресстің арқасында титан мен оның құймаларының өндірісі қарқынды дамыды. Егер 1947 жылы әлемде 3 тонна титан өндірілсе, ал 1990-жылдары шамамен 100 мың тонна өндірілді. Өндірістің өсімі титанның аз тығыздық, жоғары үлесті тығыздығы ав (gg) мұндағы g – тығыздық; g – еркін құлаудың үдеуі, коррозияға беріктігі, суыққа төзімділігі, күн радиациясына жоғары төзімділігі, магнитсіздігі және

бірқатар басқа да физико-механикалық сипаттамалары секілді титанның құнды қасиеттерінің байланысымен түсіндіріледі.

Титан – ақ күміс түсті металл. Ол аз тығыздыққа ие ($4,5 \text{ г/см}^3$). Титанның балқу температурасы оның тазалық дәрежесіне қарай ($1668+4$)°C.

Титанның екі полиморфты модификациясы бар: α -титан гексогональді тығыз жабдықталған ГТО тормен $a=0,296 \text{ нм}$, $c=0,472 \text{ нм}$ периодымен және жоғары температуралы модификация β -титан көлемді-орталықтандырылған кубтық ККО тормен 900°C температурада $a=0,332 \text{ нм}$ периодымен. Полиморфты α $\leftrightarrow$ β айналу температурасы 882°C құрайды.

Титанның механикалық қасиеттері металдың қоспалардан тазалығына тығыз байланысты. Қоспалардың ендіру (оттек, азот, көміртек, сутек) және алмастыру (темір, кремний) деген түрлері бар. Қоспалар беріктікті жоғарылатқанымен, олар бір мезетте созымдылықты төмендетеді. Сонымен бірге, анағұрлым күшті теріс әрекетті ендіру қоспалары, әсіресе газдар көрсетеді. Тек $0,03 \%$ сутек, $0,2\%$ азот, $0,7\%$ оттекті ендіргенде титан толығымен иілгіштік өзгерту қабілетінен айырылып, осал бүлінеді.

BT1-1 маркалы техникалық түрде таза титанның құрамы: $0,3 \text{ Fe}$; $0,12 \text{ Si}$; $0,08 \text{ C}$; $0,15 \text{ O}$; $0,05 \text{ N}$; $0,012 \text{ H}$. Беріктігі мен созылмалылығы бойынша BT1-1 бірқатар көміртекті және хромникельді коррозияға берік болаттардан кем емес: $\sigma_b = 450\ldots 600 \text{ МПа}$; $\sigma_{0,2} = 380\text{--}500 \text{ МПа}$; $\delta > 25 \%$; $\psi > 50 \%$. Бөлме температурасынан криогенді температураға дейін түскенде техникалық таза титанның беріктік қасиеттері созылмалықтың жоғары деңгейі сақталған жағдайда өседі.

Сутегі аз ($0,002\%$ кем) таза титан $a=1300 \text{ МПа}$ беріктікте мортсынғыштыққа ие болмайды және тіпті сұйық гелия ($5=15,20\%$) температурада да жоғары созылмалығын сақтайды. $300\text{--}600^\circ\text{C}$ температура интервалындағы салыстырмалы беріктік бойынша титан құймаларына тең келері жоқ; 300°C - тан төмен температурада олар алюминий құймаларына, ал 600°C -тан жоғары температурада темір және никель негізіндегі құймаларға жол береді.

Титан қалыпты иілгіштіктің ($E=112 \text{ ГПа}$) төмен модуліне ие. Темір мен никельге қарағанда екі есе аз, бұл қатты құрылымдардың жасалуын қиындатады. Қаттылықты жоғарылату үшін бөлшектердің қалыңдығы мен оның массасын ұлғайтуға тура келеді.

Титан химиялық белсенді металлға жатқанымен, ол коррозияға өте берік. Себебі оның беткі бөлігінде негізгі металлмен тығыз байланысты әрі оның электролитпен тікелей байланысын болдырмайтын титан оксидінің берік пассивті қабықшасы TiO_2 құрылады. Титан химиялық белсенді металлға жатқанымен, ол коррозияға өте берік. Себебі оның беткі бөлігінде негізгі металлмен тығыз байланысты әрі оның

электролитпен тікелей байланысын болдырмайтын титан оксидінің берік пассивті қабықшасы TiO_2 құрылады.

Титандағы оксидті қабықша ауадағы тотығу, анодты тотығу және тек күшті тотығу ғана емес, сонымен қатар әлсіз қышқыл және бейтарап ерітінділердегі өздігінен пассивтену кезінде пайда болады. Титанда ауада көп болудан кейін құрылатын оксидті қабықшаның қалыңдығы әдетте 5...6 нм-ға жетеді.

Оксидті қабықшаның арқасында титан мен оның құймалары атмосферада, теңіз және тұщы суда жемірілмейді. Ол кавитациялық коррозия мен қысымдағы коррозияға, сондай-ақ органикалық қышқылдарға бекем.

Титан мен оның құймаларынан жасалатын бұйымдар өндірісінің технологиялық ерекшеліктері бар. Еріген титанның жоғары химиялық белсенділігі үшін оны қорыту, құю, доғалық балқыту жұмыстарын вакуумда немесе инертті газдар атмосферасында жасайды.

Титан құймаларының арнайы болаттарға қарағанда аз ыстыққа кішігірім төзімділігі бар. Оларды қолданудың жұмыс температурасы 500.550°C-тан аспайды. Бұл температураны асырған жағдайда титан мен оның құймалары оңай тотығады және газдарды қарқынды жұтады (8.7 сурет).

Технологиялық және эксплуатациялық қыздыру кезінде титанды газға қанығудан қорғау үшін шаралар қолдану қажет. Газдардан бөлек титан үшін зиянды қоспалар карбидтер құратын оттег болып табылады.

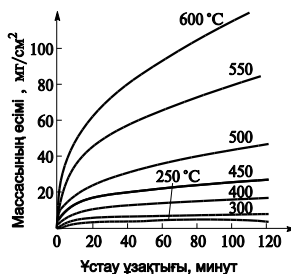
Титан созылмалы әрі бөлме және жоғары температурада қысыммен оңай өңделеді. Титан мен оның құймалары жоғары беріктік пен балқыту байланысының созылмалығын қамтамасыз етіп, байланысты және доғалық балқытумен жақсы балқытылады. Кесу арқылы нашар өңделу титанның кемшілігі болып табылады.

Титан құймаларын қоспалаудың негізгі мақсаты беріктікті, ыстыққа төзімділікті және коррозияға беріктікті жоғарылату. Титанның алюминиймен, хроммен, молибденмен, ваннадимен, марганецпен,

қалайымен және кейбір басқа элементтермен құймалары кең қолданысқа ие болды. Темір негізіндегі құймалардағыдай қоспалаушы элементтер титанның полиморфты айналуына үлкен ықпал етеді.

Титан құймаларындағы фазалық айналулар.

Алюминий, азот, оттег секілді элементтер а-титан негізіндегі қатты ерітінділердің облысын кеңейтіп, а о b полиморфты



Сурет. 8.7. Титанның түрлі температураларда тотығуы

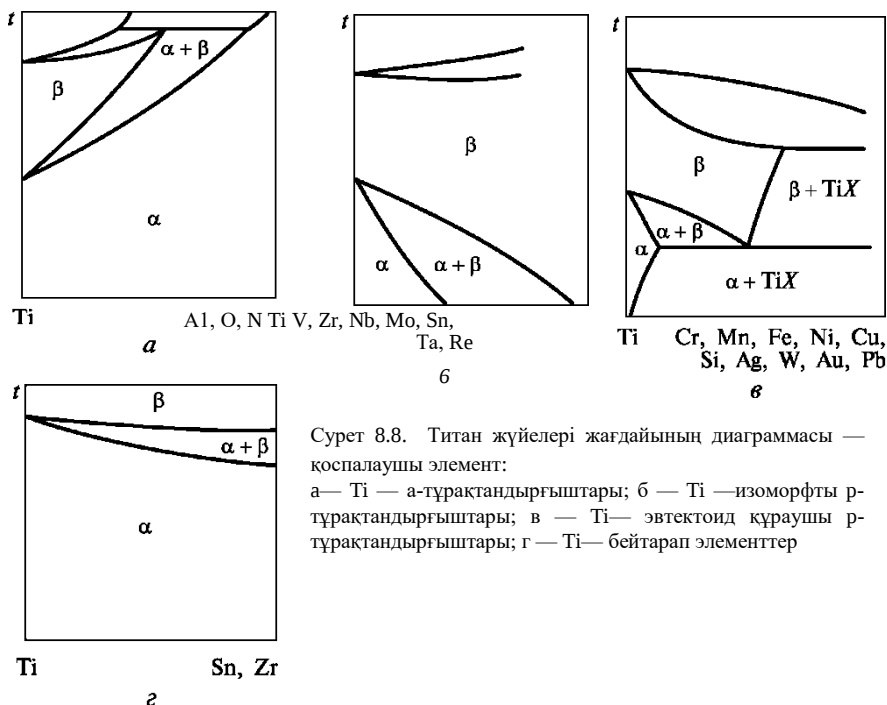
айналу температурасын жоғарылатады .

Осылайша, а-тұрақтандырғыштары болып табылады. Азот пен оттектің осалдандырғыш әрекетін ескерсек, титанды қоспалауға тек алюминийдің практикалық маңызы бар. Алюминий негізгі беріктендіргіш қоспалаушы элемент болып табылады, ол әрі аз тығыздыққа ие. Сондықтан ол, әдетте, көптеген титан құймаларында кездеседі.

Қоспалаушы элементтердің көбісі (Mo, V, Mn, Fe, Си және т.б.) полиморфты а о Р айналуының температурасын төмендетіп, Р-тұрақтандырғыштары бола тұра Р-титан негізінде қатты ерітінділердің облысын кеңейтеді (8.8 сурет).

Суару мен тозудан тұратын беріктендіргіш термиялық өңдеу тек (а+Р)-құрылымы бар құймаларға тән. Тұрақты а-құрылымындағы құймаларды термиялық өңдеумен беріктендіруге болмайды.

Р'а полиморфты айналуы екі жолмен жүре алады. Атомдардың баяу салқындауы мен жоғары қозғалысында ол әдеттегі диффузиялық механизм бойынша, ал үлкен салқындау мен жылдам салқындауда диффузиялық емес мартенситті механизм бойынша жүреді. Баяу салқындауда а қатты ерітіндісінің полиэдралы құрылымы, ал жылдам салқындауда а' деп немесе қоспалықтың үлкен дәрежесінде а" деп белгіленетін инелі мартенситті құрылым құрылады.



Сурет 8.8. Титан жүйелері жағдайының диаграммасы — қоспалаушы элемент:

а — Ti — а-тұрақтандырғыштары; б — Ti — изоморфты р-тұрақтандырғыштары; в — Ti — эвтектид құраушы р-тұрақтандырғыштары; г — Ti — бейтарап элементтер

А, а', а'' кристалдық құрылымы бірдей (ГТЖ тор), алайда а' және а'' аса қаныққан қатты ерітінділердің торы салқындаудың жоғары жылдамдығында анағұрлым бұрмаланған. Тозу кезінде а'-фаза мен а''-фазадан 3-фаза немесе интерметаллды фаза $Ti\text{Cr}_2$ бөлінеді.

Титан құймаларын термиялық өңдеуден – қайта кристаллдандыратын қыздыру, суару мен тозудан, сонымен қатар химиялық термиялық өңдеуден өткізеді.

Титан құймаларын қыздыруды суық деформациядан соң атқарады. Оларды қайта кристаллдандыру температурасы орташа 500 °С және 700... 800°С температурадағы қыздыру тойтарыды болдырмауға жеткілікті.

Титан құймаларындағы суару мен тозу кезіндегі айналулар түптеп келгенде болаттағы сәйкес айналуларға ұқсайды. Алайда титан құймаларындағы а'-мартенсит беріктігі жағынан тепе-теңдік а-фазадан айырмашылығы аз болғандықтан, титан құймаларында болаттардағыдай айтарлықтай беріктік болмайды. Фазалық қайта кристалдау нәтижесінде түйір ұсқаталады, бұл олардың иілгіштік қасиеттеріне оң әсер етеді.

Титан құймаларының төмен үйкеліссіз қасиеттері бар. Тозуға төзімділікті жоғарылату үшін оларды азоттандырады. Ол шамамен 900°С температурада газ тәріздес азот ортасында жүргізіледі. Үдеріс 50 сағатқа дейін созылады. Азоттандыру беткі қаттылықты, тозуға төзімділікті және ыстыққа төзімділікті жоғарылатады. Азоттандырылған қабаттың омырылғыштығын төмендету үшін 800.900°С температурада дайындамалардың вакуумді қыздыруын жасайды.

Ыстыққа төзімділікті жоғарылату мақсатында титан құймаларын кремнийлеуден өткізеді.

Өндірістік титан құймалары. Титан құймалары техникалық титанмен салыстырғанда жоғары температураларда үлкен беріктікке ие. Бұл ретте ол айтарлықтай жоғары созылмалығы мен коррозияға беріктігін сақтайды.

8.4 кестеде негізгі өндірістік титан құймаларының классификациясы келтірілген.

Классификация негізіне құйма құрылымындағы а- және 3-фазалардың ара қатынасы мен олардың термиялық өңделуі кезінде болатын құрылымдық айналулардың ерекшеліктері алынған. Титан құймаларының жекелеген топтары К_{jj} тұрақтылығының шартты коэффициентінің үлкендігіне қарай ажыратылады. Ол b-тұрақтандырушы қоспалаушы элементінің құрамының оның сыни құрам құймасындағы құрамына қатынасын көрсетеді. Құймада бірнеше тұрақтандырушы элементтер болса, олардың тұрақтану коэффициенттері сомланады.

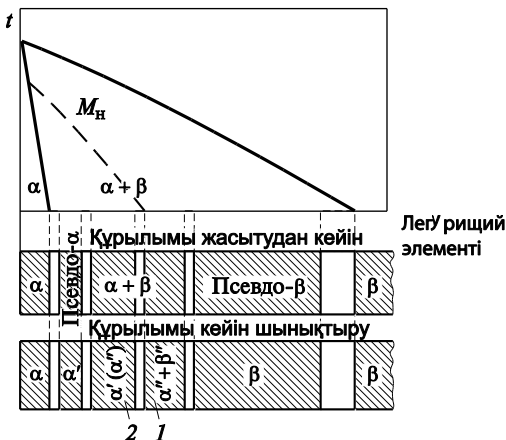
8.9 суретте титан құймаларының құрылымдарының қыздырылған және шыңдалған күйіндегі сипаты көрсетілген.

А-құрылымды құймалар бөлме температурасында жоғары емес беріктікпен сипатталады және термиялық өңдеу кезінде беріктікке ие болмайды. Төмен технологиялық созылмалық олардың кемшілігі, ал жақсы пісірімділік пен төмен температуралардағы жоғары механикалық қасиеттер артықшылығы болып табылады.

8.4. кесте Титан құймаларының классификациясы

Құймалар тобы	Құйма маркасы	Орташа химиялық құрам, % (мас.)
а-құймалары	BT1-00	Қоспаланбаған титан
	BT1-0	Қоспаланбаған титан
	BT5	Ti-5Al
	BT5-1	Ti-5Al-2,5Sn
Псевдо- а-құймалары ($K < 0,25$)	OT4-0	Ti-0,8Al-0,8Mn
	OT4-1	Ti-1,5Al-1,0Mn
	OT4	Ti-3,5Al-1,5Mn
	BT20	Ti-6,0Al-2,0Mo-1V-1Zr
(a + P)-мартенситті класс құймалары ($K - 0,3 — 0,9$)	BT6C	Ti-5Al-4,0V
	BT6	Ti-6Al-4,5V
	BT14	Ti-4,5Al-3Mo-1V
	BT16	Ti-2,5Al-5Mo-5V
	BT23	Ti-5,5Al-2Mo-4,5V-1Cr-0,7Fe
(a + P)-өтпелі класс құймалары ($K - 1 — 1,4$)	BT22	Ti-5Al-5Mo-5V-1Fe-1Cr
	BT22И	Ti-2,5Al-8,5Mo-8,5V-1,2Fe-1,2Cr
	BT30	Ti-3Al-7Mo-11Cr
Псевдо- P-құймалары ($K - 1,5 — 2,4$)	BT35	Ti-3Al-1,5Mo-15V-3Sn-3Cr
	BT32	Ti-2,5Al-8,5Mo-8,5V-1,2Fe-1,2Cr
	BT15	Ti-3Al-7Mo-11Cr
P-құймалары ($K_p - 2,5 — 3$)	4201	Ti-33Mo

Ескерту. K_p — тұрақтану коэффициенті.



Псевдо-а-құймалары а-құймаларының артықшылықтарын сақтап, р-фазаның аз мөлшерінің (5%-ға дейін) арқасында анағұрлым жоғары технологиялық созылмалыққа ие болады және қысыммен жақсы өңделеді.

Екіфазалы (а+р)-құймалар механикалық және технологиялық қасиеттердің ең жақсы үйлесімімен сипатталады. Құрылым бойынша суарудан соң балқытпалардың мартенситті және өтпелі класстарын ажыратады. Мартенситті класс құймалары аз қоспаған және тепе-тең жағдайда р-фазаның 25%-ын қамтиды. Өтпелі класс құймаларында р-фаза санын 50%-ға дейін көбейту осы топ құймаларының қыздырылған әрі шыныққан күйінде ең жоғары беріктікті қамтамасыз етеді.

Псевдо-р-құймалар суарудан соң метатұрақты р-фаза құрылымына ие болады. Осы күйде олардың жақсы созылмалығы салыстырмалы түрде төмен беріктігі болады. Сол арқылы олар қысыммен жақсы өңделеді. Тозудан кейін олардың беріктігі 1,5 есе артады және 1300... 1800 МПа құрайды.

Бірфазалы р-құймалар жоғары коррозияға беріктікпен ерешеленеді. 4201 құймасы тантал, никель негізіндегі құймаларды, сонымен қатар асыл металдар – платина мен алтынды алмастыра алады. Алайда тұрақты р-құрылымды құймаларды жоғары бағалы изоморфты элементтердің (V, Mo, Nb) көп мөлшерімен қоспалаудың қажеттілігі мен бұйымның салыстырмалы нақты беріктігін азайтатын тығыздығы жоғары болғандықтан сирек қолданылады.

Ресейде өндірілген кейбір деформацияланатын титан қорытпаларының механикалық ерекшеліктері 8.5 кестеде келтірілген

Титан қорытпалары жақсы құю қасиеттеріне ие болатын жоғары ағындық, құйма тығыздығы және ыстық сызаттар қалыптастырудың төмен үрдісі. Газдарды сіңіру үрдісіне байланысты оларды балқыту және вакуумға құю немесе бейтарап газ ортасында жүзеге асырылады. Пішінделген құюға арналған титан қорытпаларының құрамы әдетте деформацияланған қорытпалардың құрамына сәйкес келеді. Құйылатын титан құймаларының механикалық қасиеттері деформацияланатын құймалардан төмен.

Титан құймалары құралға жоғары жабысуға бейім. Бұл олардың төмен жылуөткізгіштігімен үйлесімінде механикалық өңдеу процесін қиындатады. Кесу арқылы өңдеу кезінде құралды қатты құймалы пластиналармен қолданған дұрыс.

Титан құймаларын балқыту кезінде негізгісі тесіктер мен суық жарықшақтар болып табылатын тігістерде ақаулардың пайда болуын болдырмау мақсатында негізгі және қоспа материалдың беткі оксид қабықшасын мұқият алу керек. Титанның химиялық белсенділігі себепті балқыту ваннасын инертті газдармен және суып жатқан жерлерді әуе атмосферасымен жанасудан қорғау міндетті.

8.5 кесте. Титан күймаларының механикалық қасиеттері

Құйма маркасы	Құрылым бойынша класс	а , МПа	5, %, кем емес	кси, Дж/см ² , кем емес	Термиялық өңдеу	Қолдану облыы
Техникалық титан ВТ 1-0	а-құйма	390...540	20	100	Қыздыру	Химиялық өндіріс, криогенді қондырғылар
ВТ5	Солай	700... 950	10	50	Қыздыру	Криогенді және 450 °С дейінгі жоғары температураларда атқарылатын жұмыстарға арналған бөлшектер
ВТ5-1	»	750... 950	10	40	»	Солай
ОТ4	Псевдо-а- құйма	700... 900	12	40	»	»
ВТ6	(а + р) мартенситті класс құймасы	1 100... 1 150	14	40	Қыздыру, суару, тозу	400 °С температурадағы ұзақ жұмыс үшін балқыту құрылымдары, қысқа уақыт — до 750 °С
ВТ14	То же	1 150... 1 400	6	50	солай	Солай
ВТ16	»	1 150... 1250	4	—	»	350 °С дейінгі температурадағы ұзақ жұмысқа арналған бөлшектер
ВТ22	(а + р)-өтпелі класс құймасы	1 100... 1 500	9		»	500 °С температурада жұмыс жасайтын бөлшектер
ВТ15	Псевдо-р-құйма	1 300... 1 800	4		»	350 °С дейін ұзақ жұмысқа арналған бөлшектер, қысқа мерзімге — 750 °С дейін

Титан мен оның құймаларының қолданылуы. Қазіргі кезде титан ракеталы-ғарыштық техникада, кеме құрылысы мен транспортты көлік құрылысында кең қолданылады. Мұнда жоғары беріктік пен коррозияға қарсылықпен қатар аз тығыздық маңызды рөл ойнайды. Титан құймаларынан фюзеляж қаптамасын, қатты жылдамдықтағы ұшақтардың қанаттарын, ракеталардың панелі мен шпангоуттарын, турбиналар дисктері мен қалақтарын жасайды. Титанның алғашқы қолданушысы авиациялық өндіріс болды. Түйіндер мен бөлшектер жасауда алюминий құймаларының орнына жоғары берік титан құймаларын қолдану дыбыстық бөгеттен өтетін ұшақтарды жасауға мүмкіндік берді. Аса дыбысты жылдамдықтарда планер қаптамасының беткі бөлігіндегі температура алюминий және магний құймаларының ыстыққа төзімділігінің мүмкін дәрежесінен айтарлықтай асып түседі:

Аппараттың жылдамдығы, км/сағ ... 2 000 3 000 4000 10М*

Планер қаптамасының

бетінің температурасы, °С ... 75.110 210.290 380.580 800.1000

*10М — дыбыс жылдамдығынан 10 есе көп гипердыбыстық жылдамдық.

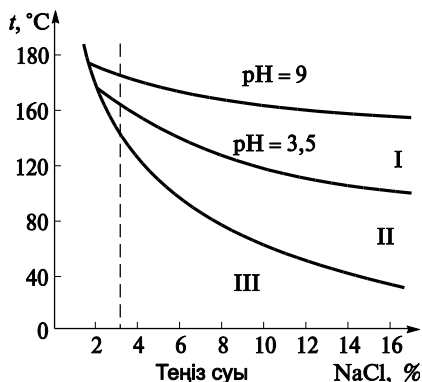
Титан құймалары ұшу жылдамдығы шамамен 4000 км/сағ құрайтын ұшақ аппараттарының планерлерін жасауға жарамды. Титаннан лонжерондар, шпангоуттар, шасси бөлшектерін жасауға болады, бұл олардың массасын болат бөлшектерінің массасымен салыстырғанда 40%-ға төмендетуге мүмкіндік береді.

Ракеталы ғарыштық және авиациялық техникада қазіргі кезде титан өндірісінің жалпы көлемінің 80%-ы қолданылады.

Теңіз суында коррозияға жоғары беріктігі, эрозияға жақсы қарсылығы мен кавитация аркасында титан мен оның құймалары кемелер мен теңіз құрылыстарын соғуға мінсіз сәйкес келетін материалдарға жатады (8.10 сурет).

Бірінші кезекте титан құймалары жер асты қайықтарын жабдықтауда өз қолданысын тапты.

Норвегия, АҚШ, Жапония мен Ресейде титан құймаларын мұнай мен газ алуға және Әлемдік мұхит түбінен темір марганецтік конкрециялар алуға арналған теңіз платформаларда қолдану бойынша жұмыстар жүргізілуде.



Сурет 8.10. Титанның теңіз суы мен тұздықтарда коррозиялық беріктігінің диаграммасы:

I — питтинг және саңылаулық коррозия;
II — саңылаулық коррозия; III — коррозияға толық иммунитет

Титанның құрамында хлор бар қышқылдандыратын орталарға тұрақтылығы целлюлозалы қағаз өндірісіне жабдықтар жасау кезінде хром, хлораттар, хлор диоксиді, лимон қышқылы өндірісі үшін химиялық өндірісте оның кеңінен қолданылуына ықпал етті. Сонымен қатар, титан құймаларынан жасалатын жабдық жоғары төзімділігімен және ағымдағы жөндеуге кететін аз шығынмен сипатталады. Хлоридті әсерге жоғары беріктігінің арқасында титан контейнерлерін радиобелсенді шығындарды арнайы жер асты шахталары мен галереяларда көму үшін қолданған жөн.

Түрлі орталарда жоғары коррозияға беріктік титан құймаларын тағам өндірісінде қолдануға ықпал етеді. Кейбір тағамдар болатпен байланыстан бүлінуі мүмкін, ал титан оларға бөтен иіс, түс немесе дәм бермейді. Төмен температураларда созылмалығы мен тұтқырлығына байланысты титан құймаларын мұздатқыш және криогенді техникада қолданады.

Титан адам ағзасының тіндерімен биологиялық үйлесімділігіне байланысты медицинада қолданылады. Титан сүйек және бұлшықет тіндерінен шеттетілмей, оңай бітіп кетеді. Өзінің биологиялық инерттілігімен ол барлық белгілі коррозияға берік болаттар мен құймалардан асып түседі. Ортопедтік хирургияда титан құймаларын иық, бөксе, тізе буындарының протезі ретінде, сынықтарды қосып, жетілдіруде қолданады. Титан құймаларын жүрек-қан тамырлары қақпақшаларын және электронды стимуляторларды жасауға, жасанды тіс имплантаттары ретінде қолданады.

Ресейде, АҚШ-та және басқа елдерде титаннан жасалған монументтік құрылыстар пайда болды. Ғарыштарды бағындырушыларға монумент пен Мәскеудегі Ю.Гагаринге ескерткіш көп танымал.

Жапонияда шатырлардың, ішкі интерьердің сыртқы қаптамасы үшін жалпақ титан кеңінен қолданылады.

Титан бұйымдарында анодты қышқылдандыру әдісімен олардың беткі түстерін өзгертетін түрлі қалыңдықтағы оксидтер қабатын құруға болады. Кернеу деңгейі мен өңдеу уақытын реттеу арқылы қатты көк, ашық көк, сары, күлгін, көгілдір, жасыл түстерді алуға болады. Титан бұйымдарын азот атмосферасында суару немесе ионды-плазмалы өңдеу беткі бөлікте титанның алтын түстес берік нитридтерін құрастыруға мүмкіндік береді. Мұндай технология ескерткіштерді жөндеуде және қайта тұрғызылатын шіркеулік ғимараттарда кірестер жасауда қолданылады.

Титан құймаларының кеңінен енуі титанның көптеген элементтермен жоғары туыстығымен және оның табиғи бірігулеріндегі химиялық байланыстардың беріктігімен түіндіріледі. Өндірістің технологиялық процестерінің кемелденуі мен титан құймаларының

түрлі салаларда қолданылуларының кең перспективалары олардың жақын болашақта маңызды конструкциялық материалдарға айналатынын нақты сенімділікпен айтуға мүмкіндік береді.

8.4. Мыс пен оның құймалары

Мыстың негізгі қасиеттері. Мыс – күлгін қызыл түсті металл, оның тығыздығы 8,95 г/см³, балқыту температурасы 1 083 °С. Мыс гранеорталықтанған кубтық торда кристалданады және оның полиморфты айналылулары болмайды. Ауада ылғал мен көмірқышқыл газ болса мыс жасыл түсті зеңжар деп аталатын қабықпен қапталып, баяу қышқылданады. Ол мыстың сілтілі карбонаты (CuOH)₂CO₃ болып табылады. Бұл қабық белгілі бір дәрежеде мысты әрі қарайғы коррозиядан қорғайды.

Таза мыс жоғары электрөткізгіштікке (күмістен соң екінші орында), созылмалыққа, теңіз және тұщы суда, сонымен қатар кейбір химиялық орталарда коррозияға беріктікке ие. Мыс басқа металдармен салыстырғанда электр және жылуөткізгіштіктің үлгісі саналады. Мыстың бұл қасиеттерінің сипаттамалары 100% саналады, ал алюминия, магния және темірде олар мыс қасиеттерінің сәйкесінше 60; 40 және 17% құрайды. Мыстың құйылған күйдегі механикалық қасиеттері $a_b = 160$ МПа; $a_{0.2} = 35$ МПа; $\delta = 25$ %; ; ыстық деформацияланған күйде: $a_b = 250$ МПа; $a_{0.2} = 95$ МПа; $\delta = 50$ %. Құйылу шегінің төмен маңызы мен қымбаттылығына байланысты таза мыс конструкциялық материал ретінде қолданылмайды. Өндірілетін мыстың шамамен жартысы электр және радиотехникада пайдаланылады.

Мыстың электрөткізгіштігі қоспалардың құрамына байланысты. Тіпті қоспалар кішігірім мөлшерде болса да электрөткізгіштік бірден түседі. Өткізгіштер үшін келесі маркалы электролиттік мысты қолданады: (МОСТ 859—2001): М3 — 99,5 % Cu; М2 — 99,7 %; М1 — 99,9 %; М0 — 99,95 %; М00 — 99,99 % Cu.

Өткізгіштердің, мысалы трамвай мен троллейбустер өткізгіштерінің беріктігін жоғарылату үшін оларды қосымша қақтайды немесе 1% мөлшерде кадмиймен қоспалайды. Бұл жағдайда электрлік өткізгіштік 10%-ға төмендейді, бірақ беріктік екі еседей артады.

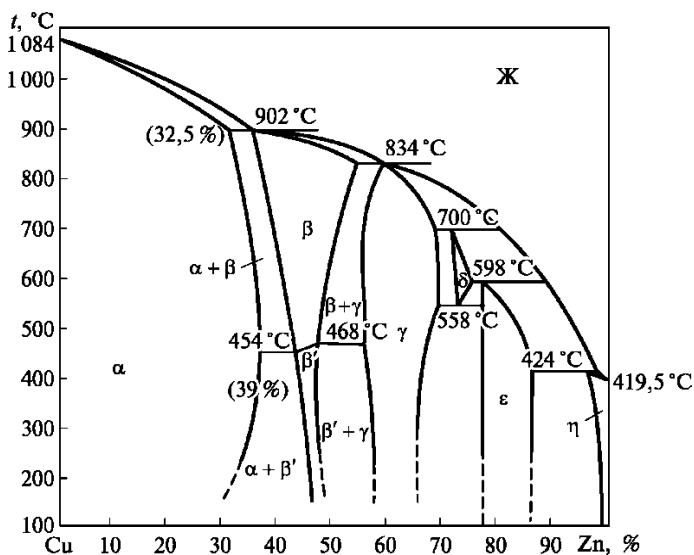
Мыс пен оның құймаларының механикалық әрі технологиялық қасиеттерін төмендететін зиянды қоспаларға висмут пен қорғасын, күкірт пен оттегі жатады. Висмут пен қорғасын мыста ерітілмейді деуге де болады. Олар түйіндер шекарасында оңай балқитын эвтектикалар құрады. Бұл қызусынғыштыққа ықпал етеді және ыстық деформацияға бейімділікті нашарлатады. Мыстың созылмалығына теріс әсері себепті висмуттың мөлшері 0,002%-дан аспау қажет. Күкірт пен мыс жоғары сынғыштыққа ие Cu—Cu₂S эвтектикасын құрады.

Тіпті кішігірім мөлшерде түйіндер шекарасы бойында сынғыш $\text{Cu}-\text{Cu}_2$ эвтектикасын құратын оттек аса зиян ерітінді болып табылады. Металды сутек қамтитын, мыс түбіне диффузияланушы атмосферада эвтектиканы кірістірумен қыздыру кезінде оның сутекті ауру деп аталатын жағдай туындайды: $\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2 = 2\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$. Нәтижесінде судың булары жоғары қысым жасайды және жарықшақтардың пайда болуы мүмкін. Мыс пен оның құймалары қанағаттандырылдық технологиялыққа ие. Мыс жақсы деформацияланады, жақсы балқиды және дәнекерленеді. Оның кемшілігі кесумен салыстырмалы түрде нашар өңделуі болып табылады. Мыс пен оның құймаларынан жасалған бөлшектерді жиі дәнекерлеу арқылы біріктіреді. Жоғары температуралы дәнекерлерді мыс пен күміс қосылған цинк негізінде жасайды. Олардың балку температурасы $600...1000^\circ\text{C}$ құрайды. Төмен температуралы дәнекерлерді қалайы мен қорғасынның құймаларынан жасайды. Олардың балку температурасы 200.300°C . Дәнекерленген мыс біріктірулерін әдетте зерттеу қондырғыларының криостаттарында қолданады. Мыс құймалары коррозияға тұрақты, жақсы фрикцияға қарсы, технологиялық және механикалық қасиеттерге ие әрі конструкциялық материалдар ретінде кеңінен пайдаланылады. Технологиялық сипаттамалар бойынша деформацияланатын және құйылатын мыс құймаларын ажыратады, химиялық құрамы бойынша оларды жез бен қолаға бөледі. Жездер мыстың цинкпен құймаларын, ал қолалар мыстың басқа металдармен құймаларын көрсетеді. Мыс құймаларын құйманың бас әрпімен белгілейді: Ж – жез немесе Қ – қола, содан кейін құйма құратын негізгі элементтердің алғашқы әріптері келеді: Қ – қалайы; Ц – цинк; Мц – марганец; А – алюминий; Т – темір; Ф – фосфор; Б – бериллий; Х – хром; Н – никель және т.б. Ал олардан соң қоспалаушы элементтердің мөлшерін пайызбен көрсететін цифрлар келеді. Деформацияланатын жездердің маркаларында цинктің мөлшерін, ал деформацияланатын қолаларда мыстың мөлшерін көрсетпейді, олардың концентрациясы 100 % айырыммен анықталады. Мысалы, ЛЖМц-59-1-1 — жез, 59 Си; 1 Fe; 1 Мп; ост. Zn қамтиды; БрОФ6,5-0,15 — қола, 6,5 Sn; 0,15 P; ост. Си қамтиды. Деформацияланатын және құйылатын құймалардың маркаларын белгілеуде цифрлар реті түрлі болып келеді. Деформацияланатын жездер мен қолалардың маркаларында бір-бірінен дефис арқылы ажыратылған цифрлар белгіленудің соңында қойылады және әріптердің ретімен орналасады, мысалы ЛА60-1-1 немесе БрОЦ4-3. Құйылатын жездер мен қолаларда құймалардың барлық құрауыштарының мөлшері, оның ішінде цинк мөлшері оларды білдіретін әріптерден соң бірден келтірілген. Құйылатын құймаларды мыстың мөлшері 100% айырыммен анықталады. Мысалы, ЛЦ16К4 — құйылмалы жез, 16 Zn; 4 Si; ост. Си қамтиды; БрО5Ц5С5 — құйылмалы қола, 5 Sn; 5Zn; 5 % Pb, ост. Си қамтиды.

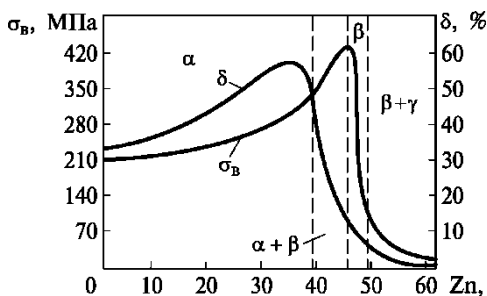
Мыстың цинк немесе жезбен құймалары. Негізгі қоспалаушы элементі цинк болып табылатын екілік немесе көпқұрамды мыстың құймаларын жез деп атайды.

Си—Zn жүйесінде алты қатты ерітінді құрылады: α , β , γ , δ , ϵ , η бірақ 45%-ға дейін цинкті қамтитын құймалар практикалық қолданысқа ие.

8.11а суретте бірфазалы (а) және екіфазалы (а+ β) жездер облысын қамтитын Си – Zn жүйесі жағдайының диаграммасының сол жақ бөлігі келтірілген.



a



б

Сурет 8.11. Cu—Zn(a) жүйесі жағдайының диаграммасы және цинк құрамының жездің механикалық қасиеттеріне ықпалы (б)

Бірфазалы а-жезі цинктың мыстағы ГОК тормен қатты ерітіндісі болып табылады және 39%-ға дейін цинк қамтуы мүмкін. Бірфазалы а-жезі жоғары созылмалығымен сипатталады. Цинктің мөлшері 39%-дан асқан жағдайда құрылымда осал Р-фаза пайда болады. Р-фазаның екі модификациясы бар: 454...486°C температурасынан жоғары тұрақты гомогенді созылмалы Р-фаза, оның атомдары ретсіз орналасқан. Бұл температура диапазонынан төмен – анағұрлым қатты әрі осал Р'-фаза, ол мыс пен цинк атомдарының ретті орналасуымен сипатталады. Екіфазалы (а+ Р) – жездер құрамында 45%-ға дейін цинк болуы мүмкін. Бөлме температурасындағы Р' – фаза үлкен осалдық пен қаттылыққа ие болғандықтан, екіфазалы жездердің созылмалығы аз, беріктігі көп болып келеді. Химиялық құрамның жездердің қасиеттеріне әсері 8.116 суретте көрсетілген. Тепе-тең күйден бөлек Р'-фаза цинктің 30%-дан аса концентрациясында пайда болады. Сондықтан 39%-дан аз цинк қамтитын құймаларда оның концентрациясының көбеюі әрі беріктікті, әрі созылмалықты жоғарылатады. Цинк мөлшерін 39%-дан арттырғанда құймалардың созылмалығы азая бастайды, ал құрылымда Р'-фазаның айтарлықтай мөлшері пайда болған соң, созылмалық тез төмендейді. Цинк мөлшерін арттырғанда беріктік 45%-ға дейін өседі, содан кейін ол да тез төмендейді. Цинк мөлшерін әрмен қарай арттырғанда (Р, а+ Р облыстары және т.б.) қасиеттер өздерінің төмен мәнін сақтайды. Жездер әдетте қысыммен жақсы өңделеді. Бірфазалы а-жездер жоғары созылмалы және суық күйде жақсы деформацияланады. Екіфазалы (а+ Р')- жездер Р о Р' айналуының температурасынан жоғары қыздырғанда жақсырақ деформацияланады. Әдетте оларды 700 °С температурадан кішкене жоғары температурада деформациялайды. Технологиялық белгілер бойынша деформацияланатын және құйылмалы жездерді ажыратады (8.6 кесте). Қосымша басқа элементтермен а-жездер сирек қоспаланады. Олар әдетте мыстың цинкпен екілік құймалары болып келеді. Бұл жездердің маркаларында Ж62, Ж68, Ж80, Ж90 цифрлары мыстың мөлшерін көрсетеді. Цинк мыстан арзандау, сол себепті цинк жезде қаншалықты көп болса, оның бағасы соншалықты төмен болады. Бірфазалы а-жездерді суық деформациялау арқылы баулар, патрон гильзаларын, жылу алмастырғыш түтіктерін, сым жасайды. 10%-ға дейін цинк қамтитын жез алтын түстес болып келеді және әшекейлер жасауда қолданылады. (а+ + Р)-жездерді қосымша алюминий, темір, никельмен беріктікті арттыру үшін, сонымен қатар білдектерде өңделуді жақсарту үшін қоспалайды. Қалайымен қоспаланған, теңіз қалайысы деп аталатын жездер (ЛО70-1, ЛО62-1) жоғары коррозияға беріктікке ие. Алюминий, темір, марганецпен қосымша қоспаланған жездер анағұрлым жоғары беріктікке ие. Бірфазалы а-жездері мен екіфазалы (а+ Р)-жездерінің құрылымы 8.12 суретте көрсетілген.

8.6. кесте. Жездердің химиялық құрамы мен механикалық қасиеттері

Жез маркасы	Құрылы м	Мөлшері, %		МПа	8, %	Қаттыл ық НВ	Қолдану облысы
		Си	Қоспалаушы элементтер				
Деформацияланатын жездер (ГОСТ 15527—2004)							
Л90 (томпак)	а	88...91	—	260	45	530	Л90 (томпак)
Л80	а	79...81	—	320	52	550	Л80
Л63	а + Р	62...65	—	330	50	560	Л63
ЛС59-1	а + Р	57...60	0,8... 1,9 РЬ	400	45	800	ЛС59-1
ЛЖМц59-1-1	а + Р	57...60	0,6... 1,2 Fe; 0,1 ... 0,4 Al; 0,3 ... 0,7 Sn; 0,5... 0,8	450	50	880	ЛЖМц59-1-1
ЛАЖ60-1-1	а + Р	58...61	0,75... 1,5 Al; 0,75... 1,5 Fe; 0,1 ... 0,6 Mn	450	45	880	ЛАЖ60-1-1
Құйылмалы жездер (ГОСТ 17711—93)							
ЛЦ16К4	а + Р	78...81	3 ... 4,5 Si	300	15	100	ЛЦ16К4
ЛЦ40Мц3Ж	а + Р	53... 58	3 ... 4 Mn; 0,5 ... 1,5 Fe	500	10	100	ЛЦ40Мц3Ж
ЛЦ23А6Ж3 Мц2	а + Р	64...68	4... 7 Al; 2 ... 4 Fe; 1,5... 3 Mn	700	7	160	ЛЦ23А6Ж3 Мц2

Құрамында 20% цинк бар деформацияланған жездердің теріс қасиеті аммиак іздерін қамтитын дымқыл атмосферада жата жетілу кезінде шатынауға бейімділігі болып табылады. Маусымды шатынау ерітінділердің біркелкі емес концентрациясының орындарында түйіндер шекарасындағы коррозиямен шартталған. Бұл ақауды төмендету үшін деформациядан соң жездерді қайта кристалдау температурасынан төмен температурада қыздырады (әдетте 250 °С).

Деформацияланған жездерден құбырлар, шыбықтар, тілмелер, сымдар жасайды. Құйылмалы жездерді жерге, темірқорамға, қысыммен құяды, оларды арматура мен кеме құрылысының бөлшектерін, жұмыстың күрделі жағдайларына арналған қысқыш бұрандамалардың сомындарын, тығындар, астарлар мен мойынтіректер жасауға пайдаланады.

Ликвидус және солидус сызықтарының арасындағы тар интервалдың арқасында құйылмалы жездер ликвация мен отырғызылған кеуектілікке бейім емес.

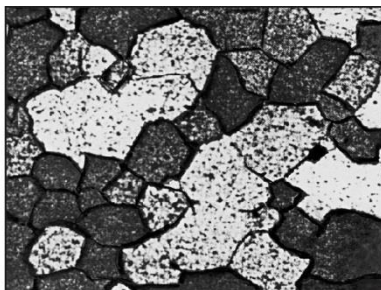
Қолалар. Мыстың цинк негізгі қоспалаушы элементі болмайтын қалайы, алюминий, қорғасын, бериллий, кремний, хром және басқа элементтермен екілік не көпқұрамды құймалары қола деп аталады. Негізгі қоспалаушы элемент бойыншы қалайы, қорғасын, кремний және т.б. қолаларын ажыратады. Қалайы қоласын жиі қолданады.

Cu— Sn (8.13 сурет) жүйесінің жағдайының диаграммасы ликвидус және солидус сызықтарының арасындағы үлкен айырмашылықпен сипатталады. Сондықтан екіқұрамды қалайы қолаларының ерекшелігі баяу өтетін диффузия процесінен туындайтын олардың ликвацияға жоғары бейімділігі, төмен сұйық ағушылығы және шашыраңқы кеуектілігі болып табылады.

Диаграммаға сәйкес, қалайының мыстағы ақырғы ерігіштігі 15,8 % құрайды. Си — Snk жүйесі құймаларының айнымалы кристаллизацияға бейімділігін ескерсек, салқындаудың қалыпты жағдайларында а қатты ерітіндісінің облысы тарылады (8.13 суретте а штрихты сызықтар). Қалайының 5...6% мөлшерінде құрылымда (a + p)-эвтектоид пайда болады,

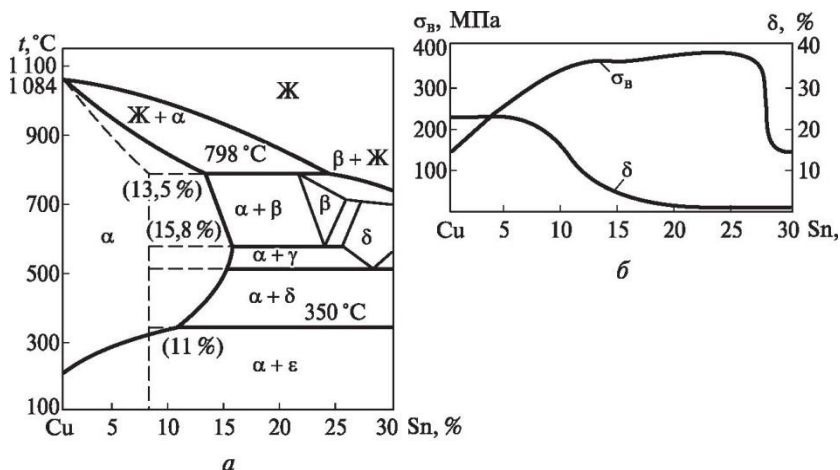


a



б

Сурет 8.12. Бірфазалы а-жездің (а), 200 есе үлкейту, және екіфазалы (а + Р)-жездің құрылымы (б), 100 есе үлкейту

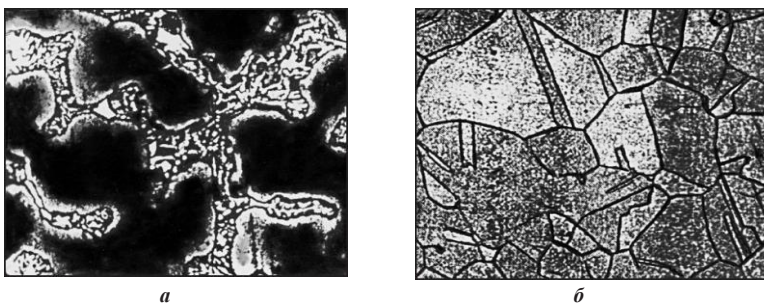


Сурет 8.13. Cu—Sn(a) жүйесі жағдайының диаграммасы мен қалайы қоласы механикалық қасиеттерінің қалайы мөлшеріне тәуелділігі (б)

Қалайының 5...6% мөлшерінде құрылымда (a + p)-эвтектонд пайда болады, онда 8-фаза $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$ қатты әрі осал электронды байланысын білдіреді. 8-фазаның пайда болуымен құймалардың созылмалығы мен жабысқақтығы төмендейді. Құрамында 12% дан көп қалайы бар қолалар жоғары осалдығы үшін конструкционды материал ретінде мүлде қолданылмайды.

8.14 суретте қалайы қоласының құйылмалы күйіндегі және деформация мен қыздырудан кейінгі микроқұрылымы келтірілген. Еркін нысанның (8.14, б Сурет) ашық қосылулары (a + $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$) эвтектондты білдіреді.

Екілік қалайы қолалары қымбат тұрады және төмен құйылмалы қасиеттерге ие. Оларды әдетте цинк, қорғасын, никель, фосформен қосымша қоспалайды.



Сурет 8.14. Қалайы қоласының микроқұрылымы, 200 есе үлкейту:

а — құюдан соң; б — деформация мен қыздырудан соң

Қалайы қолаларының деформацияланатын және құйылмалы деген түрлері бар (8.7 кесте). Деформацияланатын қалайы қолалары 3...7% қалайы, 5% ға дейін цинк, қорғасын, 0,4% фосфорды қамтиды, біртекті қатты ерітіндіден тұрады және қыздырудан кейін бірфазалы құрылымға ие болады. Жақсы созылмалығының арқасында қалайы қолалары қысыммен өңдеуге оңай ұшырайды; шыбықшалар, құбырлар мен

8.7 кесте. Қалайы қолаларының кейбір маркаларының химиялық құрамы мен механикалық қасиеттері

Құйма маркасы	Мөлшері, %				МПа	S,	HB	Қолданысы
	Sn	Zn	Pb	P			Sn	Zn
Қысыммен өңделетін қо­ла­лар (ГОСТ 5017—2006)								
БрОФ4-0,25	3,5. 4,0	—	—	0,01 0,025	340	БрОФ4-0,25	3,5. 4,0	—
БрОФ6,5-0,15	6,7	—	—	0,1. 0,25	400	БрОФ6,5-0,15	6,7	—
БрОЦ4-3	3,5. 4,0	2,7. 3,3	—	—	350	БрОЦ4-3	3,5. 4,0	2,7. 3,3
БрОЦС4-2,5	3,5	3,5	1,5. 3,5	—	350	БрОЦС4-2,5	3,5	3,5
Құйылмалы қо­ла­лар (ГОСТ 613—79)								
БрО10Ф1	9,11	—	—	0,4. 1,1	250	БрО10Ф1	9,11	—
БрО5Ц5С5	4,6	4,6	4,6	—	180	БрО5Ц5С5	4,6	4,6
БрО6Ц6С2	5,7	5,7	1,3	—	—	БрО6Ц6С2	5,7	5,7
								литье

баулар түрінде жеткізіледі, сонымен қатар жоғары серпінді қасиеттері бар түрлі бөлшектерді жасауға қолданылады. Мұндай қоалардың беріктігі $\sigma_b = 320... 350$ МПа салыстырмалы ұзартуда $\delta = 30...50$ %.

9.11% қалайы концентрациясында құрылымда осал құрамның – $Cu_{31}Sn_8$ байланысын қамтитын эвтектонидтың мөлшері артады. Бұл пластикалық деформация мүмкіндігін болдырмайды. Мұндай қоаларды тек құйылмалы күйде қолданады. Цинк пен қорғасыны бар құйылмалы қалайы қоалары жоғары құйылмалы қасиеттерге ие: аз көлемдік кему (1%-дан аз) және жақсы сұйық ағушылық. Құйылмалы қоалардан күрделі құйындылар, оның ішінде көркем құйынды жасалады. Коррозияға жоғары беріктілік құйылмалы қоаларды агрессивті ортада жұмыс істейтін және жоғары электр мен жылуөткізгіштікке ие арматура ретінде қолдануға мүмкіндік береді.

Қатты эвтектонид қосылуының болуы ұнтақтауға жоғары беріктікті қамтамаыз етеді, ал жұмсақ бөлшектер іске кірістіруді жеңілдетеді және беткі бөлікте майлау материалы жайыла алатын ұсақ арналар құрады. Сондықтан 9.10% қалайы қамтитын қоалар ең жақсы фрикцияға қарсы материалдардың бірі болып табылады және мойынтіректер жасауға қолданылады. Сондай-ақ фрикцияға қарсы қасиеттерді жақсарту үшін қоалардың құрамына қорғасын ендіреді.

Құйылмалы қалайы қоаларының беріктік шегі бар $\sigma_b = 170. 200$ МПа салыстырмалы ұзартуда $\delta = 5.10$ %.

Қалайы қоаларының арасында басқа элементтердің кішігірім мөлшері бар шамамен 20% қалайыны қамтитын қоңырау қоласын бөліп көрсеткен жөн. Қалайысыз қоалардың ішінен алюминий, кремний және бериллий қоалары анағұрлым көп қолданысқа ие болды.

8.5. Дәнекер

Дәнекер. Металлдарды дәнекерлеу үшін қолданылатын қорытпаларды дәнекер деп атайды. Дәнекердің салыстырмалы түрде балку температурасы төмен болуы тиіс және ерітілген түрде дәнекерленгіш материал жақсы дымқылдандырылуы қажет.

Төмен температуралы қалайы лихтерлер $200.300^{\circ}C$ балку нүктесіне ие және жоғары механикалық қасиеттері жоқ ($s = 50,70$ МПа) қосылыстың тығыздығын қамтамасыз етеді. Қосылыстың беріктігі төмен болғандықтан, дәнекерленген бөлік жоғары механикалық кернеулерге ұшырамауы тиіс. Төменгі температуралық дәнекерлемелер ретінде қорғасын мен қалайы қорытпалары қолданылады, ПОС60, ПОС40, ПОС30 деп белгіленеді, мұнда сандар қалайы пайызын көрсетеді. ПОС60 дәнекерлемесі, әдетте өндірісте оны третник деп атайды, жұмсақ дәнекерлемелердің ішіндегі ең оңай еритіні болып табылады. Оның балку температурасы шамамен $185^{\circ}C$.

Қалайы-қорғасынды дәнекерлемеден басқа құрамында 40; 60; 90 % қалайысы бар (ПОЦ40, ПОЦ60, ПОЦ90 маркалары) қалайы-мырышты қолданады. Мұндай дәнекерлемелер қалайы-қорғасынды дәнекерлемелермен салыстырғанда әлдеқайда күшті.

Жоғары температурадағы дәнекерлемелер жоғары балқыту температурасына ие болады, оларды дәнекерлеу үшін қолдану аса күрделі, бірақ дәнекерлеменің механикалық қасиеттері айтарлықтай жоғары. Металл қорытпаларын ерітінділерде дәнекерлемелердің қасиеттері негізгі металға жақын. Жоғары температуралы дәнекерлемелер ретінде Cu-Zn жезден немесе Cu-Zn-Ag қорытпаларын - 800 °C температурада балқитын күміс дәнекерлемелер деп атаңыз. Күміс дәнекерлемелерді ПСр әріптерімен және орташа күмістің құрамын пайызбен көрсететін сандармен белгіленеді, мысалы, ПСр25, ПСр50.

8.6. Төмен температуралардағы түсті металл қорытпаларының қасиеттері мен қолданылуы.

Алюминий және оның қорытпалары. Алюминий мен оның қорытпаларының криогенді температураға дейін иілгіштігін оның төмен температурадағы жабдықтарды өндіруде кеңінен қолданылуына негіз болды. Төмен температураларда жұмыс істеу үшін алюминий қорытпаларының қолданылуы алюминийдің кристалды құрылымымен байланысты, ол КШО-торында кристалданып, полиморфты түрлендірмейді.

Тоңазытқыш және криогенді технологияда техникалық алюминий және оның қорытпалары қолданылады. Техникалық алюминий төмен жүктелген құрылымдық элементтерді дайындау үшін кеңінен қолданылады. Жалпы оның тұтынылу көлемі өте үлкен. Алюминийден регенераторлардың шашыратқыштары, ауаны бөлу құрылғылары үшін жылтыратылған жылу алмастырғыштар және т.б. бөлшектерді дайындайды. Алюминий қорытпалары сұйық газдардың, табиғи газ, оттегі, азот, сутегі және гелийді сақтау үшін және тасымалдау үшін, сондай-ақ материалды айдау бағандар мен құбыр жүйелері үшін контейнерлер мен құбырларды өндіру үшін пайдаланылады. 120 К-дан төмен жұмыс температурасында алюминий қорытпалары негізінен ыстықтай илектелген парақ ретінде пайдаланылады.

Алюминий қорытпаларының жылу өткізгіштік коэффициенті жиі оларды салқындалатын элементтерге жылу ағыны анықтайтын егжей-тегжейлі пайдаланудан бас тартуға мәжбүр етеді. Мысалы, криостаттың мойындары аустенитикалық болаттан немесе полимерлі материалдардан жасалған, дегенмен ыдыстың ішкі беті алюминий қорытпасынан жасалған.

Алюминий қорытпалары аустенитикалық болаттарға қарағанда жоғары ТКЛР-ге ие. Бұл термалды кернеулердің жоғары деңгейін айқындайды, әсіресе олар салқындалатын кезде қатаң қысылған құрылымдық элементтерде болады.

Сондықтан, сұйытылған газдарды беруге арналған құбырда кернеу компенсаторларын пайдалану мүмкіндігі болмаған жағдайда темір негізіндегі қорытпаларды қолданған жөн.

Төмен температура техникасында деформацияланатын және құйылған алюминий қорытпалары қолданылады. Деформацияланатын ыстықтай өңделген алюминий қорытпаларының уақытша кедергісі тығыздығы $2,85 \text{ г/см}^3$ -тен төмен болғанда 500 МПа және одан да көп болуы мүмкін. $\sigma_{0.2}/(\sigma_{0.2} \& \sigma_{0.001})$ алюминий қорытпалары жоғары беріктікке ие және жоғары беріктігі бар болаттарға жақындайды. Деформацияланатын алюминий қорытпаларының беріктік шегі температурасының 293-тен 77 К-ге дейін төмендеуімен 35-тен 60% -ға дейін, ал ағу шегі 15,25% -дық кірістілік күшінде төмендейді. Әдетте температура азайған сайын икемділігі көтеріле бастайды немесе бөлме температурасының деңгейінде икемделеді.

Алюминий қорытпаларында суыққа сыну табалдырығы болмайды: соққылардың иілу кезінде тұтқырлығы температураның төмендеуімен біркелкі төмендейді; аустениттық болаттармен салыстырғанда оның маңыздылығы әлдеқайда төмен. Төмен температураларда алюминий қорытпалары салыстырмалы түрде төмен соққы беріктігі кезінде тұтқыр үзіліске ие. Тегіс және өрілген үлгілерде анықталған шаршау күші температураның төмендеуімен бірге артады. Тегіс деформация жағдайында алюминий қорытпаларын бұзудың тұтқырлығы дерліктей азаймайды, кейде тіпті бөлме температурасында тұтқырлығының сыну төзімділігіне қарағанда криогендік температурада да артады. Ерітінді тұтқырлығының шамасы металдың тазалығына байланысты.

Төмен температуралық технологиядағы ең көп магний (магнолия) бар алюминий қорытпалары пайдаланылуда, ол олардың икемділігіне, дәнекерленуіне, коррозияға төзімділіктің табысты тіркесіміне байланысты. Магний құрамын жоғарылату қорытпаның беріктігін арттыруға әкеледі. Қолданбалы жылуды нығайтатын қорытпалар магнийдің 7% -нан аспайды.

Шетелде де Ресейдегі сияқты магнийлердің ішінде АМг5 қорытпасына машина жасау саласының артықшылықтары беріледі - ол АМг2 қорытпасына қарағанда дәнекерлеуде артық, бірақ бұл икемділік тұрғысынан оған қарағанда әлдеқайда төмен.

Суық және криогендік технологияларда сонымен қатар мыс, магний, марганец және басқа элементтермен тығыздалған жылуды күшейтетін алюминий қорытпаларын пайдаланады. Бұл қорытпалар оңтайлы механикалық қасиеттерді термиялық өңдеуден кейін иеленеді, 500 ° С температурада судан сөндіруден және кейіннен табиғи немесе жасанды ескіруден тұратын, интерметаллы фазалардың ескіруіне байланысты дисперсиялық бөлінулердің есебінен алынады. Кедір-бұдырлы жылудың алюминий қорытпаларының криогендік температурасындағы механикалық қасиеттері 8,8 кестеде келтірілген..

8.8. Кесте. $T_{исп}$ Сынамасының криогенді температураларда (қатайғаннан және тозғаннан кейін) ыстыққа берік деформацияланатын алюминий қорытпаларының механикалық қасиеттері

Қорытпа маркасы	$T_{исп}$, К	σ , МПа	σ , МПа	δ , %
Д16	293	470	300	19
	77	560	380	27
	20	660	450	16
Д20	293	400	280	15
	77	510	380	15
	20	660	420	16
1201 (Д20-1)	293	440	350	18
	77	550	400	10
	20	650	450	12
АК6	293	410	300	15
	77	500	380	18
АК8	293	450	310	13
	77	530	410	13
	20	550	360	18
1915	293	340	200	15
	203	370	240	16
	77	470	290	24

Жылуға төзімді алюминий қорытпаларының беріктігі аустениттық болаттардың беріктігіне жақындайды, сондықтан көптеген жағдайларда оларды ауыстыра алады. Олардың кемшілігі күш жағдайында тоттануға бейімділік болып табылады. Бұдан басқа, бұл қорытпалар дәнекерлеу аймағындағы жікте жұмсартылады.

Төмен температура техникасында деформациялану қатарында алюминий қорытпалары қолданылады. Олар негізінен арматура корпусы сияқты күрделі конфигурация бөліктерін дайындау үшін пайдаланылады. Ең көп тараған қорытпалар қосылған 8 ... 13% кремний (силомин) бар, ол жоғары құйылмалы қасиетке ие.

Алюминий қорытпаларынан өнімдерді дәнекерлеу алюминийдің қасиеттерімен анықталған ерекшеліктерге ие. Алюминийдің жоғары жылу өткізгіштік және жылу сыйымдылығы дәнекерлеу кезінде және қажетті жылу көздерін таңдау кезінде жеткілікті қарқынды және концентрацияланған қыздыруды қамтамасыз етеді.

Ерігішті дәнекерлеу кезінде доғаны инертті газбен сенімді түрде қорғау керек.

Титан және оның қорытпалары. Титан қорытпалары төмен температура технологиясы бойынша перспективті материалдардың бірі болып табылады. Белгілі бір маркалы титан қорытпалары қанықпылығы және тұтқырлығы 4 К дейін жетеді. Төмен тығыздығы жоғары төзімділігі мен жеткілікті икемділігімен бірге төменгі температура кезінде титан қорытпаларын пайдалану құрылымдардың салмағын 20...25% -ға және алюминий қорытпаларын 40,45%-ға дейін коррозияға төзімді болаттармен салыстыруға мүмкіндік береді. Сондықтан титан қорытпалары әуе кемелерінде төмен температураларда жұмыс істейтін бөлшектер мен компоненттерді өндіру үшін жиі қолданылады.

Титанның химиялық белсенділігі жұмыс ортасы газ тәріздес немесе сұйық оттегі болатын құрылымдарда титан қорытпаларын қолданғанда кейбір сақтық шараларын талап етеді. Техникалық титанның диаметрі 0,5 мм сымның күйдіруі тіпті 0,1 МПа қысымымен жүреді, оттегі қысымының жоғарылауымен, жану жылдамдығы артады. Бұл ретте титан қорытпалары мыс қорытпаларынан және хром-никельден жасалған шикізаттан әлдеқайда төмен, ол үшін оттегінің ең төменгі қысымы айтарлықтай жоғары болады.

Легирилген 4,6% алюминий, 2,3% қалайы және OT4-1, қосылған 1,5 ... 2,5% алюминиймен, 0,72% марганецпен жақсы дәнекерленеді, төмен температурада жоғары икемділігін сақтайды және сондықтан тоңазытқыш және криогенді технологияда пайдалану үшін ең перспективті құрылыс материалдары болып табылады.

8.9. Кесте. Титан қорытпаларының механикалық қасиеттері

Қорытпа	Үлгі	$\sigma_{сп>K}$	МПа	$\sigma_{0,2>}$ МПа	δ , %	ψ , %	KCU, Дж/см ²
BT3-1	(a + P)-қорытпа	293	1 080	1010	15	38	70
		77	1 670	1540	6	21	30
		20	1 880	1640	4	20	60
BT5-1	a-қорытпа	293	820	800	20	55	100
		77	1320	1310	16	27	40
		20	1 580	1400	15	9	40
OT4-1	Псевдо-a-қорытпа	293	650	630	21	54	105
		77	1 150	1090	25	49	23
		20	1 350	—	14	—	30

ВТЗ-1 түріндегі 5,5 ... 7% алюминий, 0,8 ... 2% хром, 2,3% молибден, 0,2. 0,7% темір бар екі фазалы ($\alpha + \gamma$) құрылымды қорытпалар көп жоғары беріктікке ие, бірақ біршама аз икемділігі бар, оларды криогенді температурада сирек пайдаланады.

8.9. кестеде келтірілген, 12.20 мм көлденең қимасы бар түтік қорытпаларының төмен температуралардағы механикалық қасиеттері.

Температура төмендеген сайын титан қорытпаларының сыну тұтқырлығы төмендейді. Осылайша, ВТ5-1 түрінің қорытпасы үшін, бөлме температурасында сынақтан сұйықтық сутегіне сынақтан өту кезінде, кернеулердің қарқындылығы коэффициентінің мәні екі еселенеді: 124-ден 62 МПа • м^{1/2} дейін. Сол сияқты, ВТЗ-1 қорытпасының сипаттамасы K_{IC} мәнінің мәнінен әлдеқайда аз (ВТЗ-1 күшті қорытпасы): 52 МПа • м^{1/2} 293 К температурада және 34 МПа • м^{1/2} 20 К температурада.

Мыс және оның қорытпалары. Тоңазытқыш және криогенді жабдықта ең алғашқы қосымшалардың бірі болып қолданыс тапқан материалдардың бірі - мыс және оның қорытпалары. Мыс суыққа сынғыштық шегін иеленбейді, және қолданыстағы төменгі температуралық шегі абсолютті нөлге жақын. Алайда, жоғары құны мен мыс тапшылығы себебінен, төмен температуралы технологияда мыс қорытпаларын пайдалану қысқартылды.

Техникалық таза мысты әртүрлі құбырлы құрылымдарды өндіру үшін терең салқындату әдісімен газ бөлгіш қондырғыларында қолданылады: бұралған және тік құбырлы жылу алмастырғыштар, құбырлы конденсаторлар және т.б. Металды сұйықтықты түзетін бағаналардың қабықшаларын дайындау үшін сұйық газдар сақталатын және тасымалданатын Дьюар кемелерінің ішкі контейнерлерін және қалқандарын дайындау үшін қолданылады, сұйық ауаға арналған ректификациондық колонналар жасауға. Мыс-жезден және қоладан жасалған қорытпалар кеңінен қолданылады. Олар тоңазытқыш және криогенді атматуралардың ішіне қолданады, құймаларды, серіппелерді және басқа бөлшектерді өндіру үшін қолданылады. Мыс КШО торында кристалданып, полиморфты түрлендірулер жоқ. Кристалдық тордың түрі мыс пен оның қорытпаларының төмен температураларда қолданылуын анықтайды. Мыс және оның қорытпалары жоғары ТКІР мәніне ие. Температураны 120 К-ге дейін төмендету арқылы бұл коэффициент төмендейді, бірақ бұл төмендеу коррозияға төзімді болаттар мен алюминий қорытпаларынан әлдеқайда аз көрінеді.

Техникалық таза мыстың төменгі беріктік қасиеттері бар. Температура 293-тен 20 К-ге дейін төмендеген кезде мыстың беріктігі мен қаттылығы шамамен 2 есеге дейін артады, иілгіштік қасиет бірдей деңгейде сақталады. Соққы беріктігінің күші 20 К жоғары деңгейде ұстап тұра береді, бұл өрнектелген үлгілердің қиындықтармен бөлінбейді, бірақ оның тіректері.

Мыс пен оның қорытпаларының әлсіздік күші температура азайғанда, икемділік пен ығысу модулінің модулі сияқты азаяды. Тоңазытқыш және криогенді инженериядағы кең қолданыста Л63, Л68, ЛЖМц59-1-1, Л59, ЛК80-3Л жезден және БрАЖМц10-3-1.5, БрКМц3-1, БрБ2 қола маркаларында табылған.

Л68 жезді 520...20 К температурада жұмыс істейтін құбырларды, торларды, тығыздауыштарды өндіру үшін пайдаланылады. ЛС59-1 сортты жездерді 520...20 К температура диапазонында жұмыс істейтін бекітпелерді дайындау үшін қолданылады. ЛЖМц59-1-1 сортты жезден осы температурада бекітпелердің бөліктерін жасау үшін қолданған.

ЛК80-3 құйылмалы жезінен 520.20 К температурада жұмыс істейтін арматура құдықтарын, құбырлардан және басқа да құйылған бөлшектерден жасалған корпусларды дайындайды.

БрАЖМц10-3-1,5 бронза маркасын 520.77 К температурада жұмыс істейтін втулкаларды, тісті доңғалақтарды, клапандарды, клапанның клапан бөліктерін өндіру үшін қолданады.

Ең ұзақ төзімділікке ие мыс - бериллий құймалары, ыстықта өңделген жағдайда уақытша төзімділігі 1000 МПа астам, төмен температураларда қанағаттанарлық тұтқырлығы мен икемділігі бар. Сондықтан, жоғары релаксациялық кедергісі бар жоғары беріктікті біріктіретін қола БрБ2 криогенді күшейтудің көктемгі элементтерін дайындау үшін қолдануды тапты; олар 4 К дейін жақсы жұмыс істейді.

Бақылау сұрақтары

1. Түсті металдарға қандай металдар жатады?
2. Түсті металдардың қайсысы жеңіл металдарға жатады?
3. Түсті металдардың қорытпаларын технологиялық қасиеттеріне қарай қалай классификациялауға болады?
4. Жез деген не?
5. Қола қорытпаларға қандай қорытпалар жатады?
6. Бериллді бронзалардың ерекшелігі неде?
7. Қандай қорытпалар силуминдер деп аталады?
8. Титан негізіндегі қорытпалардың коррозияға төзімділігі қандай?
9. Неге таза магнийді бұйымдар жасауда қолданбайды?
10. Дәнекерлемелерді қандай мақсатта қолданады?

II БӨЛІМ

КЕРАМИКАЛЫҚ, КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ҰНТАҚТЫ МАТЕРИАЛДАР

9 Т А Р А У

КЕРАМИКАЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР

9.1. Керамиканың керамикалық технологиясы және жіктелуі

Керамика негізгі материалдарға қатысты көрсететін айқындаушы әсер деңгейі мен бәсекеге қабілеттілігі өнеркәсіптік өнімге жатады. Бұл әсері жақын болашақта да сақталады. Керамика игеру өндірісі 1960-шы жж. соңында материалтанудағы революция болды. Қысқа уақыт ішінде керамика жалпы пікірі бойынша, металдар мен полимерлерден кейін үшінші өнеркәсіптік материал болды.

Керамика металдармен салыстырғанда арналған материалдарды пайдалану және жоғары температураларда қолданғанда бірінші бәсекеге қабілетті болатын.

Негізгі керамикалық материалдарды әзірлеушілер және өндірушілер АҚШ және Жапония болып табылады. Керамиканың сипаттамалары мен негізгі түрлері 9.1 кестеде көрсетілген. Зерттеу жүргізілген Ұлттық бюро стандарттары АҚШ көрсеткендей, керамикалық материалдардың пайдалануы 2000 ж. жүзеге асыруға ресурстарды ел көлемінде 3 млрд ақш доллар үнемдеуге мүмкіндік берді . Күтілген үнемдеуге қол жеткізілді, ең алдымен пайдалану есебінен көлік қозғалтқыштарының бөлшектері, қыштан жасалған керамикалық материалдарды кесумен өңдеу және оптокерамика ақпаратты беру үшін қолданылды. Басқа тікелей үнемдеу керамиканы қолдану тапшы металдардың шығынын төмендетуге мүмкіндік береді: титан және тантал конденсаторлар, вольфрам және кобальт кескіш аспаптарда, кобальт, хром және никель жылу қозғалтқыштарында шығынды төмендетеді.

Керамикалық технологиясы мынадай негізгі кезеңдерді көздейді: алу бастапқы ұнтақтар, топтастыру ұнтақтарын немесе жинақы материалдарды дайындау, оларды өңдеу мен бұйымдарды бақылау. Өндіру кезінде жоғары сапалы керамика бастапқы материалдардың ұнтақтар бөлшектерінің мөлшері 1 мкм жоғары бірқалыпты құрылымын пайдаланады. Үлкен энергия шығынын және негізгі кезеңдерінің бірі керамикалық технологиясын алу үдерісі осындай жоғары дәрежелі төзімді талап етеді .

Бастапқы ұнтақтардың алынуы механикалық жол борлы денелер көмегімен жүргізіледі, сондай-ақ майдаланған материалдың сұйық күйде шашырату арқылы алынады, беттерде келген бу-газ фазасын суықта тұндыру,

виброкавитациалық әсерінен бөлшектер тұрған сұйықтықтың көмегімен өздігінен жоғары температуралық синтез және басқа да әдістермен таралады. Жоғарғы майда тартылған ұн үшін (бөлшектер кемінде 1 мкм) атауы неғұрлым перспективалы вибрациялық диірмендері немесе аттриторлары.

Шоғырландыру керамикалық материалдар формалау және күйдіру процестерінен тұрады. Негізгі үш топтары әдістерін қалыптау боып бөлінеді:

- престоу әсерінен қысатын қысым кезінде, тығыздау ұнтақ азайту есебінен кеуектілік жүреді;
- тез тұтанатын қалыптау шыбықтарды сығады және құбырларды арқылы мундштук (экструзия) қалыптық массалардың пластификаторлармен, олардың тұрақсыздығы ұлғайтады;
- шликерлі құю жұқа қабырғалы бұйымдар кез-келген күрделі пішінді дайындау үшін, ол кезде сұйық суспензия ұнтақтарды қалыптау үшін қолданады.

Престоу кезінен көшу пластикалық қалыптау және шликерлі күрделі формалы бұйымдарды құю шығару мүмкіндігі ұлғаяды, алайда, үдеріс-бұйымдарды кептіру күрделене түсуде және жою пластификаторларды керамикалық материал. Сондықтан да бұйымдарды дайындау үшін салыстырмалы түрде қарапайым нысанын басымдық беріледі прессті, ал неғұрлым күрделі —шликерлі экструзия құю.

Жекелеген бөлшектердің ұнтақтары монокитке айналады, бұл ретте түпкілікті керамика қасиеттері қалыптастырылады. Жентектеу үдерісі азаюымен қатар кеуектілігін және отырғызуы жүреді .

Жентектеу кезінде атмосфералық қысым үшін пештер қолданады, изостатикалық престоу ыстық қондырғы құрады (газостаттар), престоу және ыстық престоу күші 1 500 кН дейін престейді. Температурасы күйежентектеу құрамына 2 000... 2 200 °С байланысты болуы мүмкін.

Біріктірілген шоғырландыру әдістері жиі қолданады, күйдіру кезінде үйлестіретін қалыптау, ал кейбір жағдайларда — синтез пайда болатын қосылыстар бір мезгілде күйдірумен пайда болады.

Керамиканы өңдеу және бақылау негізгі құрамдас бөлігі балансында құны керамикалық бұйымдар болып табылады. Кейбір деректер бойынша, құны мен бастапқы материалдарды шоғырландыру 11% - ға құрайды (металл үшін 43 %), 38 % өңдеуге тура келеді (металл үшін 43 %), ал бақылау 51 % (металдар үшін 14 %). Негізгі әдістері термиялық өңдеу және өлшемдік өңдеу бетінің керамика өңдеуі жатады. Кристалдану арасында әйнек фазалары керамика термиялық өңдеу мақсатында жүргізіледі.

9.1. Кесте. Сипаттамасы

Керамиканың функционалдық түрі	Пайдаланылатын қасиеттері мен сипаттамалары
Электрлі керамика	Электр өткізгіштігі, электр оқшауламалық, диэлектрлік және пьезоэлектрикалық қасиеттері
Магнетті керамика	Магниттің қасиеті
Оптокерамика	Ашықтық, поляризация, флуоресценция
Хемокерамика	Абсорбциялы және адсорбциялық қабілеті, каталитикалық белсенділік, коррозиялық
Биокерамика	Биологиялық үйлесімділік, биокоррозияға төзімділігі
Термокерамика	Ыстыққа берік, ыстыққа төзімді, отта берік, жылу өткізгіштігі төмен КТР, жылу сыйымдылық
Механикалық керамика	Қаттылығы, беріктігі, серпімділік модулі, тұтқырлық бұзылу, тозуға, триботехникалық қасиеттері, ККК, термо беріктік
Ядролық керамика	Радияциялық төзімділігі, ыстыққа берік, ыстыққа төзімді, нейтрондар қимасы ұстау, отқа берік, радиоактивтілік
Жоғары өткізетін керамика	Электр өткізгіштігі

Ескерту. КТР — термиялық кеңею коэффициенті; МКМ —

керамиканың негізгі түрлері

Қолдану аумағы	Қолданылатын қосылыстар
Интегралдық схема, конденсаторлар, вибраторлар, жандыру үшін, жылытқыштар, термисторлар, транзисторлар, сүзгілер, күн батареялары, қатты электролиттер	BeO, MgO, Y ₂ O ₃ , ZnO, Al ₂ O ₃ , ZrO ₂ , SiC, B ₄ C, TiC, CdS, титанаттар, Si ₃ N ₄
магниттік жазбалардың бастары, магниттік тасығыштар, магниттер	Ферриттер магниті жұмсақ және қатты магнитті болып бөлінеді
Шамдар жоғары қысымды, терезелер үшін мөлдір, инфрақызыл, лазерлік материалдар, өткізгішке элементтері, оптикалық жады, дисплей экрандар, модуляторлар	Al ₂ O ₃ , MgO, Y ₂ O ₂ , SiO ₂ , ZrO ₂ , TiO ₂ , Y ₂ O ₃ , ThO ₂ , ZnS, CdS
Сорбенттер, катализаторлар мен оларды тасымалдаушы, электродтар (мысалы, отын элементтері), датчиктер газдардың ылғалдылығын, химиялық реакторлардың элементтері	ZnO, Fe ₂ O ₃ , SnO, SiO ₂ , MgO, BaS, CeS, TiB ₂ , ZrB ₂ , Al ₂ O ₃ , SiC, титанидтар
Тіс протездері, буындар	Оксидтерінің жүйесі
Отқа шыдамды бұйымдар, жылу құбырлары, жоғары температуралы реакторды футерлеу, электродтар үшін металлургия, жылу алмастырғыштар, жабдықты құралдар	SiC, TiC, B ₄ C, TiB ₂ , ZrB ₂ , Si ₃ N ₄ , BeS, CeS, BeO, MgO, ZrO ₂ , Al ₂ O ₃ , TiO ₂ , композиттер
Бөлшектер үшін жылу қозғалтқыштарының, нығыздағыш, антифрикциондық және фрикциялық бөлшектер, кескіш құрал, баспасөз құралы, бағыттаушы және басқа да төзімді бөлшектер	Si ₃ N ₄ , ZrO ₂ , SiC, TiB ₂ , ZnB ₂ , TiC, TiN, WC, B ₄ C, Al ₂ O ₃ , BN, композиттер
Ядролық жанармай, реакторларды футерлеу, экрандау материалдары, сәулеленулерді сіңіру, нейтрондарды сіңіру	UO ₂ , UO ₂ -PuO ₂ , UC, US, ThS, SiC, B ₄ C, Al ₂ O ₃ , BeO
Электр беру желілері, МГД-генераторлар, энергия жинақтаушы, интегралды схемалар, темір жол көлігі магниттік аспадағы, электромобильдер	Оксидтік жүйесі : La-Ba-Cu-O, La-Sr-Cu-O, Y-Ba-Cu-O

магниттігидродинамикалық

Бұл ретте 20...30% - ға қаттылығы артады тұтқырлығы бұзылу материал.

Көптеген керамикалық материалдар механикалық өңдеу әрең келеді, сондықтан, негізгі шарты керамикалық технология шоғырландыру кезінде іс жүзінде дайын бұйымдар алу болып табылады. керамикалық бұйымдарды қолданады абразивті өңдеуге алмазды топтары, электрлі химиялық, ультрадыбыстық және лазерлік өңдеуді жетілдіру беттер үшін қолданады. Тиімді қолдану, қорғау жабындыларын жоюға мүмкіндік беретін өте ұсақ беттік ақаулар — кемшіліктерін, қауіп-қатерлер және т. б.

Бақылау үшін керамикалық рентгенті бөлшектерді жиі пайдаланады және ультрадыбысты дефектскопия.

Ескере отырып, көптеген керамикалық материалдар төмен тұтқырлығы және созылғыштығы және тиісінше төмен жарылуға төзімді аттестаттау үшін бұйымдарды қолданады әдістері қирау механикасының айқындай отырып коэффициентінің қарқындылығы кернеулер K_{Ic} . Бір мезгілде диаграмманы салуда, кинетикасын өсу ақауын көрсетеді.

Сандық тұтқырлығы бұзылу кристалданған керамика және шыны құрайды $1.2 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$, ал үшін металдардың маңызы бар K_{Ic} айтарлықтай жоғары ($40 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$). Беріктігі химиялық атомдық байланыстарды, соның арқасында керамикалық материалдарға ие жоғары қаттылығымен, химиялық және термиялық тұрақтылыққа, олардың төмен қабілеті пластикалық деформация және бейімділік морт сынуға бір мезгілде негіздейді.

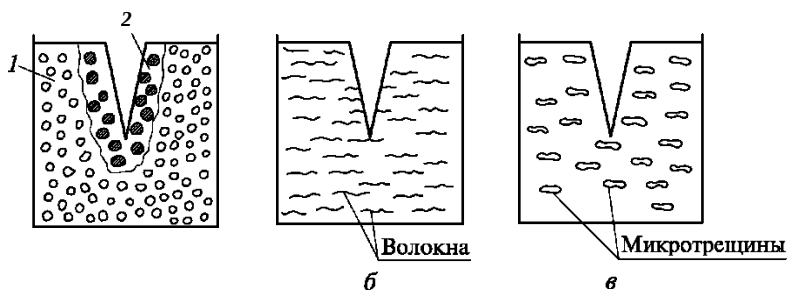
Екі тәсілді арттыру тұтқырлығы ке-рамических материалдардың бұзылуы:

- дәстүрлі, жетілдіру тәсілдеріне байланысты ұсақтау және тазалау ұнтақтары, олардың тығыздалу және жентектеулері;

- ол тежеу жарықтарының өсуі жүктемесі.

- Тежеу өсу жарықтардың бірнеше жолы бар. Оның ішінде кейбір керамикалық материалдарда негізделген, мысалы, диоксидті цирконий ZrO_2 , қайта құру кристалдық құрылымы қысыммен жүреді. Бастапқы тетрагональды құрылымы ZrO_2 моноклинға айналады, 3.5% үлкен көлемі бар. Үлкейіп, нокат ZrO_2 жарығын қысады және ол тарату қабілетін жоғалтады (9.1 сурет, а). Бұл ретте, морт сынуға кедергісі $15 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$ артады.

Екінші әдісі (9.1 сурет, б) композициялық материалды енгізу арқылы керамика талшықтардың көп берік керамикалық материалын құру болып табылады, мысалы, кремний карбиді SiC . Дамушы өз жолында қарсы талшық және әрі қарай таратылмайды. Шыныдан жасалғаннан басқа талшықтарының кедергісі бұзылуы SiC дейін $18.20 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$, металдар үшін айтарлықтай алушыларға тиісті мәндері үлкейеді.



Сурет 9.1. Диоксиді цирконий ZrO_2 қосылған конструкциялық керамиканың беріктендіру құрылысы:

(а), талшықтары (б) және ұсақ жарықшақтар (в):

1 — тетрагональды ZrO_2 ; 2 — моноклинді ZrO_2

Үшінші тәсілі мынада, арнайы технологиялар көмегімен барлық керамикалық материал микро жарықтардың арасынан өтеді (9.1 сурет, в). Кездесу кезінде негізгі жарықтар микрожарықтар бұрышы өткір жарықтар өседі, жарықтарды бекітеді, әрі қарай ол жайылмайды.

Белгілі бір физика-химиялық тәсілі керамика беріктілігін арттыру қызығушылық тудырады, ол ең перспективалы керамикалық материалдар негізінде нитрида кремний Si_3N_4 үшін жүзеге асырылды. Негізделген әдісі білім белгілі бір стехиометрикалық құрамын қатты ерітінділердің металл оксидтерінің нитриде кремний талондарды алған атауы. Беріктілігі мықты керамика үлгісі, жүйеде түзілетін, сиалоны құрамы Si_6-xAxN_8-xOx болып табылады, мұндағы x — саны замещенных атомдар кремний, азот нитриде кремний, $x=0-4.2$. Маңызды қасиеті сиалонды керамика болып табылатын тотығуға жоғары температурада төзімді, айтарлықтай нитридті кремний қарағанда едәуір жоғары.

9.1. Керамикалық материалдарды қолданылуы және қасиеттері

Жалпы мәліметтер. Керамиканың принципті кемшіліктері оның нәзік және өңдеуі күрделі болып табылады. Керамикалық материалдар механикалық немесе термиялық соққы кезінде циклдық жүктелу шарттары нашар жағдайларында жұмыс істейді. Оларға тән жоғары сезімталдық кескіндер. Сонымен қатар керамикалық материалдар ыстыққа, керемет коррозиялық төзімділік қасиетке ие және кіші жылу табысты пайдалану олардың элементтері ретінде жылу қорғауына мүмкіндік береді.

9.2. Кесте. Аспаптық материалдардың қасиеттері

Қасиеті	Жылдам кесілетін болат	Қатты қорытпа	Керамика А1203 негізінде
HV қаттылығы	850	1 700	2100
Жұмсару температурасы, °С	550	1100	1 500
Қабыршақты бастау температурасы пайда болады, °С	800	800	—

1000°С жоғары температура кезінде керамика берік қорытпалардың кез-келген, соның ішінде күшті қорытпа, ал кедергісі жоғары жүреді және ыстыққа төзімді. Негізгі қолдану салалары керамикалық материалдарға кескіш құрал жатады, ішкі жану қозғалтқыш бөлшектері және газотурбиндік қозғалтқыштардың және т. б.

Керамикалық кескіш құралы. Тілетін керамика жоғары қаттылығымен сипатталады, оның ішінде қыздырғанда, шектен тыс төзімділікпен, химиялық инертті көптеген металдарда кесу процесінде. Кешені бойынша керамиканың қасиеттері дәстүрлі кесетін материалдар айтарлықтай асып түседі — жылдам кесетін болаттар мен қатты қорытпалар (9.2 кесте). Керамиканың кесу қасиеттері жоғары механикалық болаттың өңдеуін және шойынның жылдамдығын арттыруға мүмкіндік берді (10.3 кесте). Кескіш құралды дайындау үшін керамика негізінде алюминий оксиді қоспалар диоксиді цирконий кеңінен қолданады, карбидтер және нитридов, титанның, сондай-ақ негізінде бескислородных қосылыстар — нитрид бор текше тормен (b-BN), әдетте текшелік нитридті бор, және нитрида кремний Si₃N₄ деп аталатын. Кесетін элементтер негізінде текше нитрида бор қарай алу технологиясын, шығарылатын атауларында эльбор, боразон, композит 09 және т. б.,

9.3-кесте. Жылдамдықпен кесу маңызы бар кезінде керамикалық қайрау құралы, қатты қорытпа құралы

Өңделетін материал	Қаттылығы	Кесу жылдамдығы, мм/мин, құралмен жабдықталған	
		керамика	Қатты
Көміртекті болат	150 ... 250 HB	250 ... 300	100 ... 200
Қоспаланған болат	46 ... 56 HRC	100 ... 160	25 ... 65
Сұр шойын	120 ... 240 HB	300 ... 400	100 ... 200
Беріктігі жоғары шойын	160 ... 300 HB		

Қаттылығы бар, алмазды құралдың қаттылығына жақын және ауада қыздыру кезінде дейін тұрақтылығын 1400 °С температурасын сақтайды. Алмазды құрал айырмашылығы текше нитрид бордың химиялық қорытпа негізінде темір инерттіне қатысты. Қара және таза қайрауда шыңдалған болаттар мен шойындардың іс жүзінде кез келген қаттылығын пайдалануға болады.

Негізгі кесетін керамика таңбалардың құрамы және қасиеттері 9.4. кестеде келтірілген. Кесетін керамикалық пластиналар жарақтандыру үшін әр түрлі фрезаларды, қайрайтын кескіштер, арнайы құралдар пайдаланады.

Керамикалық қозғалтқыштар. Бірі-термодинамиканың екінші заңы арттыру үшін ҚШК кез келген термодинамикалық үдеріс температурасын арттыру қажет кіре берістегі энергетикалық қайта құру құрылғы керек: $P\Theta K = 1 - 72/71, 71, T2$ температурасы, тиісінше, кіру және шығу энергетикалық қайта құру құрылғылар. Температура 71 неғұрлым жоғары, соншалықты ПӨК. Барынша рұқсат етілген температура ыстыққа берік материалмен анықталады. Конструкциялық керамика жоғары температура қолдануға болатын металмен салыстырғанда және сондықтан перспективалы материал үшін іштен жанатын қозғалтқыштар газ-турбиналық қозғалтқыштар болып табылады. Басқа жоғары ПӨК қозғалтқыштардың арттыру есебінен жұмыс температурасы лайықты керамика, тығыздығы төмен және жылу өткізгіштігі жоғары термо және тозу болып табылады. Сонымен қатар, пайдалану кезінде керамика төмендетіліп немесе шығыстар салқындату жүйесіне алынып тасталады.

Сонымен бірге, айта кету керек, керамикалық қозғалтқыштардың дайындау технологиясы шешілмеген проблемалар болып қалады. Оларға, ең алдымен қамтамасыз ету мәселелері, сенімділігі, төзімділігі термиялық соққы, әдістерін керамикалық бөлшектерді металл және пластмасса әзірлеу қосылыстар жатады.

Керамика неғұрлым тиімді қолдану адиабатных поршеньді қозғалтқыштары бар керамическую окшаулауды және жоғары температуралы газ турбиналық қозғалтқыштар дайындау үшін қолданады.

Конструкциялық материалдар адиабаттық қозғалтқыштардың төзімді болуға тиіс саласындағы жұмыс температурасының 1 300... 1 500 беріктігі иілу кезінде кемінде 800 МПа коэффициенті қарқындылығы кернеу кемінде 8 МПа • м1/2 болуы тиіс. Осы талаптарға жоғары дәрежеде керамика негізінде диоксиді цирконий және нитрида кремний қанағаттандырады. Негізгі керамикалық қозғалтқыштар Жапония мен АҚШ-та өткізіледі. Фирма IsuzuMotor(Жапония) форкамеры дайындауды меңгерді және клапанды механизмнің адиабатты қозғалтқыш, NissanMotor(Жапония) — турбо компрессордың қанатын, MazdaMotor(Жапония) — форкамера және саусақ итергішті жасауды игерді.

9.4. Кесте. Кескіш керамиканың негізгі қасиеттерінің таңбалары

Керамиканың маркасы	Дайындайтын фирма	Негізгі фазалардың құрамы	Қаттылығы	Іілу кезіндегі беріктігі , МПа	Тығыздығы, г/см ³	Қиыршықтардың орташа өлшемі, мм
BO-13	ВНИИСТ (Ресей)	Al_2O_3	92 HRA	450... 500	3,96	1...3
ВСК-60		$Al_2O_3 + PC$	94HRA	600... 650	4,25	1...3
SN60	Feldniuhle (Германия)	$Al_2O_3 + ZrO_2$	2 200 HV	600	3,97	2
SN20		$Al_2O_3 + PC$	2 100 HV	600	4,28	2
SN100		$Si_3N_4 + Y_2O_3$	1 700 HV	800	3,3	—
AC5	Hertel (Германия)	$Al_2O_3 + ZrO_2$	1 700 HV	500	4	1,8
MC2		$Al_2O_3 + PC$	2 000 HV	—	4,25	—
HC1		Si_3N_4	1 500 HV	800	3,3	—
CC620	Sandvik Ceramant (Швеция)	$Al_2O_3 + ZrO_2$	1 650 HV	—	—	2... 3
CC650		$Al_2O_3 + ZrO_2 + TiO_2$	1 800 HV	400... 500	4,27	—
CC680		Si_3N_4	1 500 HV	—	—	—
Widalox	Krapp-Widia (Германия)	$Al_2O_3 + ZrO_2 + TiO_2$	1 730 HV	650	4,12	—
CX2	NGK (АҚШ)	$Al_2O_3 + TiN$	—	750	4,15	—

Ескерту. Ресейде өндірілетін эльбор тығыздығы 3,45 г/см³ иілу кезінде 700 МПа беріктігіне ие

Cummins компаниясы (АҚШ) баламалы нұсқа қозғалтқыштың жүк машинасы плазмалық жабындары бар бірі диоксиді цирконийді меңгерді, поршеньнің түбіне, цилиндрдің ішкі бетін, енгізу және бітіру арналарына салып алды. Отынды үнемдеу 100 км жолда 30-дан астам % құрады.

IsuzuMotor фирмасы табысты әзірлеу керамикалық қозғалтқыш бензинмен және дизель отынымен жұмыс істейтіні туралы хабар берді. Қозғалтқыш 150 км/сағ жылдамдығын арттырады, отынның жану толықтығының коэффициенті 30...50 % жоғары, әдеттегі қозғалтқыштарға, ал салмағы 30% - ға аз.

Конструкциялық керамика газтурбиналық қозғалтқыштардың үшін айырмашылығы адиабатты төмен жылу өткізгіштігі талап етілмейді. Бұл қыш бөлшектер газ-турбиналық қозғалтқыштардың аса жоғары температураларда жұмыс істейді, олар беріктігі 600 МПа деңгей температурада сақтауға тиіс 1 470.1 670 (перспективада 1 770.1 920) пластикалық деформация кезінде 1 % - дан жоғары 500 сағ жұмыс істейді. материал ретінде осындай жауапты бөлшектерді газ-турбиналық қозғалтқыштарды, жану камерасы, клапандардың бөлшектері, ротор турбокомпрессорлар, статорға пайдаланады нитридтарды және карбидтер кремний, жоғары жылуға төзімді марериалдар қолданылады.

Тактикалық-техникалық сипаттамаларын арттыру авиациялық қозғалтқыштарды керамикалық материалдар қолданбау мүмкін емес. **Керамиканың арнайы мақсатты.** Қышға жоғарғы өтілім қышы, керамика дайындау үшін контейнерлерді радиоактивті қалдықтарды әскери техникасын қорғау мен жылу қорғау бөліктерін зымырандар мен ғарыш кемелерінің арнайы мақсатына жатады.

Контейнерлер радиоактивті қалдықтарды сақтау үшін. Тежеуші факторлардың бірі ядролық күрделілігі энергетика, радиоактивті қалдықтарды көму болып табылады. Контейнерлерді дайындау үшін керамика қолданады оксиді бор негізінде B_2O_3 және бор карбидінің B_4C қоспасын оксиді қорғасын PbO немесе қосындыларымен $2Pb— PbSO_4$ үлгідегі қолданылады. мұндай қоспаны жентектеу тығыз керамика кіші кеуектілік құрайды. Мұндай керамика күшті кеуектілік қабілетіне қатысты ядролық бөлігі — нейтронға және g-квантты деп сипатталады.

Соққыға төзімді керамика. Соққыға төзімді керамика авиация АҚШ-тың армия Вьетнамға соғысы кезінде алғаш рет қолданылған. Содан бері қолдану әскерлерінің әр түрлі елдердің төзімді қыштан комбинацияда басқа да материалдармен қорғау үшін құрлық жауынгерлік машиналар, кемелер, ұшақтар мен тікұшақтар үздіксіз өсуде. Өртүрлі бағалаулар бойынша, өсуі қолдану төзімді керамикалық қорғау құрайды 5.7 %. Бір мезгілде өндіру композициялық бронь үшін жеке қорғану күштері, құқық тәртібін қорғау, негізделген қылмыстың өсуіне және терроризм актілері өсуі байқалады.

Өзінің табиғаты бойынша керамикалық материалдар нәзік болып табылады. Алайда, жоғары жылдамдықпен жүктеу, мысалы, жарылғыш соққы жағдайда, бұл жылдамдығы жылдамдығы жайғасқан металл асатын, пластикалық қасиеттері металл ешқандай рөл атқармайды және металл да дәл осындай нәзік керамика сияқты болады. Бұл нақты жағдайда керамика айтарлықтай темірден берік болады.

Маңызды қасиеттері бар керамикалық материалдар, оларды қолдану ретінде жоғары қаттылығы соққыға төзімді болып табылады, серпімділік модулі, балқу температурасы (ыдырау) тығыздығы, металл материалдар тығыздығы салыстырғанда 2 — 3 есе аз. Қыздыру кезінде беріктікті сақтау керамика үшін кумулятивті снарядтар қолдануға мүмкіндік береді.

9.5. Кестеде келтірілген негізгі қасиеттерін кеңінен қолданылатын бронды керамикалық материалдардың бронды болаттың қасиеттерімен салыстырғанда соққыға төтеп берді.

Ең жоғары қорғаныш қасиеттері бар материалдар негізінде бор карбиді. Олардың жаппай қолдануы престоу әдісін жоғары құнын ұстап тұр. Сондықтан плиткалар бірі бор карбидінің қажет болған жағдайда пайдаланады, елеулі массасын азайту бронды қорғау, мысалы, қорғау үшін автоматты басқару жүйелерін тікұшақтар, креслоларды, экипаж бен десант. Керамиканы диборид титанда жоғары қаттылығы бар және серпімділік модулі, қорғау үшін қолданылады ауыр бронебойлық және кумулятивті танк снарядтар қолданылады..

Жаппай керамика өндірісінің неғұрлым перспективалы салыстырмалы арзан алюминий оксиді. Керамика құрлықтағы және теңіз әскери техника күштерді қорғау үшін негізінде қолданады.

9.5. Кесте. Қасиеттері соққыға төзімді керамика және бронды болаттар

Материал	$\gamma >$ г/см ³	H, ГПа	$\sigma_B >$ МПа	E, ГПа	T, K пл'	M_t (ГПа • м) ³ • К/кг
Ыстық престелген карбидті бор В ₄ С	2,5	30	300	450	3 300	$5,3 \cdot 10^{-3}$
Ыстық престелген диборид титан TiB ₂	4,5	33	350	570	3 400	$5 \cdot 10^{-3}$
Карбидті кремния SiC	3,1	21	200	410	3 300	$1,8 \cdot 10^{-3}$
Пісірілген оксид алюминий Al ₂ O ₃	3,9	18	370	390	2 320	$1,5 \cdot 10^{-3}$
Бронды болат	7,8	3,5	300	210	1 950	$0,5 \cdot 10^{-3}$

Ескерту. γ — тығыздығы; H_K — Кнупу бойынша қаттылығы; a_n — уақытша кедергісі; E — серпімділік модулі, T_m — балқу температурасы; M — критерий брон төзімділігі.

MorganM фирманың деректері бойынша. (АҚШ), пластина бор карбидінің қалыңдығы 6,5 мм немесе алюминий оксиді қалыңдығы 8 мм калибрі оғын тоқтатады 7,62 мм, ұшу жылдамдығы оқ атылған кезде 800 м/с бағыттады. Сол әсеріне жету үшін болат сауыт қалыңдығы 10 мм болуы тиіс, бұл ретте оның массасы керамикаға қарағанда 4 есе артық болады.

Композициялық бронды неғұрлым тиімді қолдану, бірнеше әртекті қабаттардан тұрады. Сыртқы керамикалық қабаты негізгі алдыңғы және жылу жүктемесін қабылдайды, ұсақ бөлшектерге және кинетикалық энергиясының снарядтарын таратады. Жарықшақтың кинетикалық энергиясының қалдықтарын серпімді деформациялау төсеніштер ретінде болатты пайдаланылуы мүмкін, дуралюмин немесе кевларовты мата бірнеше қабат қолданылады. Керамиканы жеңіл инертті материалдармен жабу тиімді, жағармай материалдарының өзіндік рөлі бар және ұшып бара жатқан снаряд бағытын бірнеше рет ауыстырып рикошетті қамтамасыз етеді.

Керамика зымыран-ғарыш, машина жасау кезінде қолданылуы. Ұшу кезінде атмосферасының қатты қабатының бас бөлігінің зымырандар, ғарыштық кемелер, кемелер көп реттік пайдалану, жоғары температураға қыздырғанда жылуды қорғауға мұқтаж.

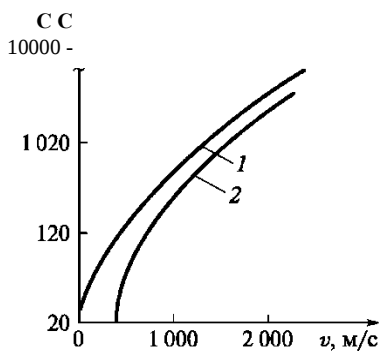
Температураға тәуелділігі қыздыру бас бөліктерін ұшу аппараттарының жылдамдығын, олардың ұшуы 9.2. суретте көрсетілген. Материалдар үшін жылу қорғау жоғары жылуға төзімді және беріктігі ұштастыра отырып, ең төменгі мәндерімен коэффициентінің термиялық кеңею, жылу өткізгіштігі және тығыздығы болуы тиіс.

Зерттеу орталығы НАСА АҚШ (NASA Ames Research Centre) талшықты керамикалық тақталар жылу қорғағыш құрамдар әзірледі, көп рет қолданылатын ғарыш кемелерінің пайдалануы үшін арналған. Плиталардың қасиеттерінің кейбір құрамдары 9.6. кестеде келтірілген. Орташа талшықтардың диаметрі 3... 11 мкм.

Беріктігін арттыру үшін, бейнелеу қабілетін және абляциялық сипаттамаларының сыртқы бетінің жылу қорғағыш көрсетілген.

Сурет 9.2. Температураның тәуелділігі Басының беткі жағында ұшу аппаратының жылдамдығы олардың ұшу жылдамдығы болады:

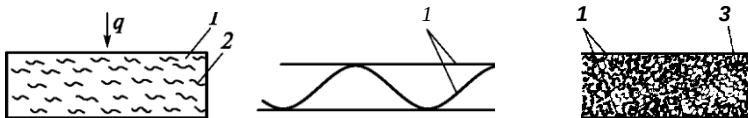
1 — теңіз деңгейіне дейін; 2 — биіктігі 12 000 м теңіз деңгейінен жоғары



9.6.Кесте. Жылу қорғағыш плиталардан құрамы мен қасиеттері талшықты керамика, ғарыш кемелері көп мәрте пайдалану үшін

Материал маркасы	Құрамы, %			α , 10^{-7} К^{-1}	Иілу кезіндегі беріктігі, кПа	Тығыздығы, г/см ³	Жылу қорғаныш бетінің температурасы, К	Абляция за 60 с, м	ауытқудың орташа жылдамдығы, м/с
	SiO ₂	Борлы селикадты әйнек	Al ₂ O ₃						
FRCI	78	22	—	7,2	1 800	0,18...0,22	1 670... 1 733	0,012...0,014	$3,9 \cdot 10^{-3}$
АЕТВ12-20	68	12	20	10,1	2 800	0,17...0,18	1 670... 1 790	0,02...0,03	$2,3 \cdot 10^{-3}$
НТР16-22	78	—	22	9,9	—	0,22...0,27	1730	0,025	—

Ескерту.а — температуралық коэффициент сызықтық кеңейту.



Сурет 9.3. Керамикалық жүйесін жылу қорғанышын маңдайлық бетіне арналған аппараттардың ұшатын температурасының жұмыс істейтін диапазоны
1 260... 1 700 °С: 1 — керамика кремний карбиді негізінде немесе кремний нитридында; 2 — жылу изоляцияны, 3 піскен керамика; q — жылу ағыны

материалдарды эмаль қабатымен қалыңдығы шамамен 300 мкм жабады. Эмаль қамтитын SiC немесе 94 % SiO₂ және 6 % B₂O₃ түрінде бетіне шликер жағады, содан кейін тазалап 1 470 К температурада пісіреді. Жабындары бар тақталар неғұрлым жылытылатын ғарыш кемелерінің орындарда қолданады, баллистикалық зымырандар мен гипердауысты ұшақтар. Мұндай тақталар 500-ге дейін ұстайды он минуттық қыздыру электр доғалық плазмасындағы температурада 1 670 К. Керамикалық жылу қорғанышын нұсқалары жүйесін маңдайлық бетін ұшу аппараттары 9.3. суретте келтірілген.

Жоғарғы қопсытқыш талшықты жылу оқшаулағыш қабаты негізінде FRCl, AETB немесе НТР қаптамасы қорғалған бір қабатты кремний карбиді. Қаптаушы қабатын оқшаулағыш қабаттан жылу сақтайды, абляциялық және эрозиялық бұзылу және негізгі жылу жүктемесін қабылдайды.

Бақылау сұрақтары

1. Керамика дегеніміз не?
2. Керамиканы қалай жіктеуге болады?
3. Керамикалық материалдар құрамына не кіреді?
4. Керамикалық бұйымдарды дайындау технологиясы қандай операциялардан тұрады?
5. Керамиканың қандай артықшылықтары бар?
6. Керамиканың кемшіліктер немен байланысты?
7. Керамикалық материалдар қайда қолданылуы мүмкін? ¹

1 **Абляция** (лат. ablatio — жатқызу) — массаны қатты дененің бетіндегі ағынымен алып кететін ыстық газдар.

КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР**10.1. Жалпы сипаттамасы және классификациясы**

Дәстүрлі қолданыстағы метал және бейметал материалдар айтарлықтай дәрежеде өздерінің құрылымдық беріктілік шегіне жетті. Сонымен қатар заманауи техниканың дамуы агрессивті орта, сәулелену, терең вакуум мен жоғарғы қысым әсер ететін күштік және температуралық өрістердің күрделі комбинациясында сенімді жұмыс атқаратын материалдарды жасауды талап етеді. Көп жағдайда материалдарға қойылатын талаптар қарама-қайшы сипатқа ие болуы мүмкін. Бұл талаптарды композициялық материалдарды қолдану арқылы қанағаттандыруға болады.

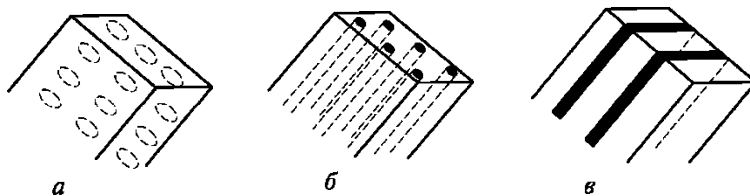
КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛ, немесе *КОМПОЗИТ* деп құрылымы әрқайсысының артықшылықтарын қолдануға мүмкіндік беретін, өзара ерімейтін, қасиеттері бойынша қатты ерекшеленетін компоненттерден тұратын көлемді гетерогенді жүйені айтады.

Композиттің құрылым қағидатын адам табиғаттан алған. Ағаштардың дінгегі, өсімдіктердің сабақтары, адам мен жануарлардың сүйектері әдеттегі композициялық материалдар болып табылады. Композиттер әртекті қасиеттердің белгіленген үйлесімділігіне ие болуға мүмкіндік береді: жоғарғы меншікті беріктік пен қатаңдық, ыстыққа беріктілік, тозуға төзімділік, жылудан қорғайтын қасиеттер және т.б. Композиттердің қасиеттерінің спектрін қарапайым материалдарды қолдану арқылы алу мүмкін емес. Оларды қолдану жаңа құрылымдарды жасауға мүмкіндік береді. Композиттердің арқасында қозғалтқыштың қуатын арттыруда, көліктердің, құрылымдардың массасын азайтуда, және тасымалдау құралдары мен авиационды-ғарыштық аппараттардың салмақтық эффективтілігін арттыруда жаңа сапалы серпіліс жасау мүмкін болды.

$a_v/(y\text{£})$ меншікті беріктік пен $E/(gg)$ меншікті қатаңдық осы шарттарда жұмыс істейтін материалдардың маңызды сипаттамалары болып табылады. Меншікті беріктік пен қатаңдық бойынша композиттер барлық атақты құрылымдық қоспаларды басып озады.

Композиттер негізі-салыстырмалы созылмалы матрицалық материалдан және толтырғыш болып табылатын қаттырақ және берік компоненттерден тұрады. Композиттердің қасиеттері негіздің, толтырғыштың қасиеті мен олардың арасындағы байланыстың беріктігіне тәуелді.

Матрица құрылымды монолитке біріктіреді, оған қалып береді және арматураға толтырғыштан сыртқы жүктемені тасымалдау қызметін атқарады. Негіздің материалына байланысты металл матрицасы бар композиттер, немесе металл композициялық



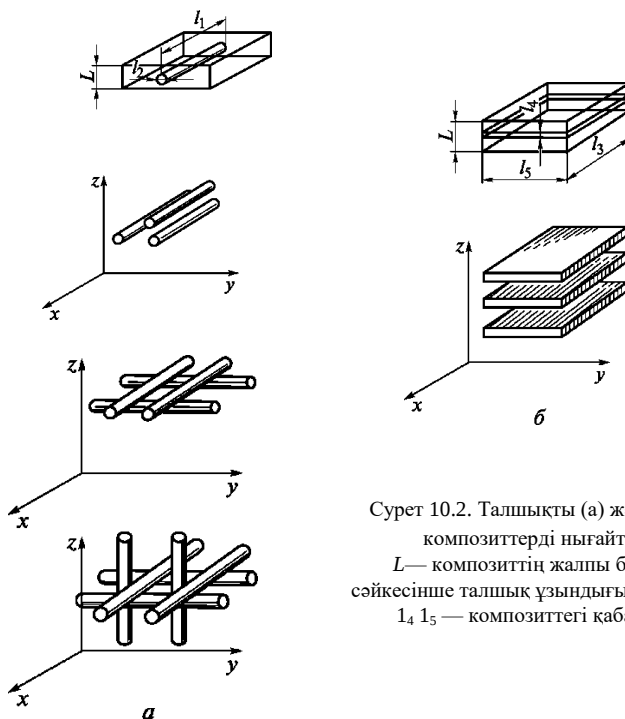
Сурет 10.1. Композиттердің құрылымдық сұлбасы:

a — дисперсиялы-қатайтылған; *б* — талшықты; *в* — қатпарлы

материалдар (МКМ), полимерлі — полимерлі композициялық материалдар (ПКМ) және керамикалық — керамикалық композициялық материалдар (ККЗ) болып бөлінеді.

Композиттерді беріктендіруде негізгі қызметті, әдетте *қатайтқыштар* деп аталатын, толтырғыштар атқарады. Қатайтқыштар жоғарғы беріктікке, қаттылыққа және серпімділік модуліне ие. Беріктендіретін толтырғыштардың типіне қарай композиттер *дисперсиялы-қатайтылған, талшықты* және *қатпарлы* болып бөлінеді (10.1 сурет).

Дисперсиялы-қатайтылған композиттерге жасанды түрде, матрицамен өзара әсерлеспейтін және онда фазалардың балку температурасында да



Сурет 10.2. Талшықты (а) және қатпарлы (б) композиттерді нығайту сұлбасы:

L — композиттің жалпы биіктігі; $l_b / 2$ — сәйкесінше талшық ұзындығы және диаметрі; l_4, l_5 — композиттегі қабаттың өлшемі

ерімейтін, майда бірқалыпты үлестірілген баяу балқитын карбид, оксид, нитридтердің және т.б. бөлшектерін енгізеді. Неғұрлым толтырғыштың бөлшектері майдарақ және олардың арасындағы қашықтық азырақ болса, соғұрлым композит берік болады. Дисперсиялы-қатайтылған композиттердің талшықтыдан айырмашылығы, матрица негізгі тасымалдаушы элемент болып табылады. Толтырғыштың дисперсиялы бөлшектерінің үйлесімділігі, созылу деформациясын қиындататын, жүктеме кезінде жылжу қозғалысына кедергі есебінен материалды қатайтады. Жылжу қозғалысына эффективті кедергі матрицаның балку температурасына дейін пайда болады, соның арқасында дисперсиялы-қатайтылған композиттер жоғарғы ыстыққа төзімділігімен және сырғығыштық кедергісімен ерекшеленеді. Талшықты композиттерде түрлі: жіп, таспа, әртүлі өрімдегі торлар формасындағы талшықтар арматура бола алады. Талшықты композиттерді нығайту бір осьті, екі осьті және үш осьті сұлба бойынша жүзеге асырылуы мүмкін (10.2, а сурет). Мұндай материалдардың беріктігі мен қатандығы негізгі жүктемені қабылдайтын нығайтқыш талшықтардың қасиетімен анықталады. Нығайту беріктіктің үлкен өсімін береді, алайда дисперсиялық қатайту технологиялық тұрғыда оңай жүзеге асырылады. Қатпарлы композициялық материалдар (10.2, б сурет) толтырғыш пен матрицалық материалдың кезек-кезек қабаттарынан («сэндвич» типті) жиналады. Мұндай композиттерде толтырғыштың қабаттары түрлі бағыттарға ие болуы мүмкін. Түрлі механикалық қасиеттері бар түрлі материалдардан тұратын толтырғыш қабаттарын кезекпен қолдануға болады. Әдетте қатпарлы композициялар үшін бейметалл материалдарды

10.2. Дисперсиялы-қатайтылған композициялық материалдар

Дисперсиялы қатайту кезінде бөлшектер матрицадағы сырғу үдерістерін бұғаттайды. Матрицамен минималды әсерлесу шартымен, қатайту эффективтілігі бөлшектің түріне, олардың көлемдік концентрациясына, сондай-ақ матрицада бірқалыпты үлестірілуіне тәуелді. Тығыздығы аз және серпімділіктің жоғарғы модуліне ие, Al_2O_3 , SiO_2 , BN, SiC типті баяу балқитын фазалы дисперсиялық бөлшектер қолданылады. Әдетте композиттерді, түрлі бағыттарда қасиеттердің изотроптылығы маңызды артықшылығы болып табылатын, ұнтақты металлургия әдісімен алады.

Әдетте өнеркәсіпте алюминийлі негіздегі (сирек - никельді) дисперсиялы-қатайтылған композиттер қолданылады. ҚАҰ (қақталған алюминді ұнтақ) типті материалдар мұндай түрдегі композиттердің сипатты өкілі болып табылады, олар алюминий оксидінің дисперсиялық бөлшектерімен қатайтылған алюминий матрицадан тұрады. Алюминий ұнтақты балқытылған

металлды сеуіп, сосын оны 1 мкм өлшемге дейін оттегінің қатысуымен шар диірменде ұсақтау арқылы алады. Ұсақтау ұзақтығын арттырған сайын ұнтақ майдарақ болады, ондағы алюминий оксидінің мөлшері артады. ҚАҰ-тан жасалған жартылай фабрикал пен өнімдерді өндірудің одан арғы технологиясы салқын тығыздау, алдын ала біріктіру, ыстық тығыздау, қосымша термиялық өңдеуге ұшыратуға болатын дайын өнімдердің қалыпына қақталған алюминий дайындаманы сығу немесе жұқартудан тұрады.

ҚАҰ типті қоспалар ыстық күйде қанағаттанарлық деформацияланады, ал 6...9 % алюминий оксидінің мөлшері бар қоспалар бөлме температурасында да орташа деформацияланады. Бұл қоспалардан салқын созу арқылы 0,03 мм-ге дейінгі қалыңдықтағы фольга алуға болады. Бұл материалдар кесумен жақсы өңделеді және жоғарғы коррозиялық тұрақтылыққа ие.

Ресейде қолданылатын ҚАҰ үлгілері 6.23 % алюминий оксидінен тұрады: ҚАҰ-1 (6.9%), ҚАҰ-2 (9.13%), ҚАҰ-3 (13.18%). Алюминий оксидінің көлемдік концентрациясын арттырғанда композиттің беріктігі артады. Бөлме температурасында беріктік сипаттамалары келесідей: ҚАҰ-1 — $a_b = 280$ МПа; $a_{0-2} = 220$ МПа; ҚАҰ-3 — $a_b = 420$ МПа; $a_{0-2} = 340$ МПа. ҚАҰ типті материалдар жоғарғы ыстыққа төзімділікке ие және барлық деформацияланатын алюминий қоспаларын басып озады. 500 °С температурасында да олардың уақыттық кедергісі 60.110 МПа артық емес. Ыстыққа төзімділік қайта кристаллдану үдерісіне дисперсиялық бөлшектердің тежегіш қызметімен түсіндіріледі. ҚАҰ типті қоспалардың беріктік сипаттамалары айтарлықтай тұрақты. ҚАҰ-3 типті қоспаны 2 жыл ішінде ұзақ беріктікке сынау бөлме температурасында да, 500 °С-ге дейін ысытқанда да практикалық тұрғыда қасиеттерінің дәрежесіне әсер етпеді. 400 °С температурада ҚАҰ беріктігі ескірген алюминий қоспалардың беріктігінен 5 есе жоғары.

ҚАҰ типті қоспалардың механикалық қасиеттеріне температураның әсері 10.1 кестеде көрсетілген.

10.1 кесте. ҚАҰ типті қоспалардың механикалық қасиеттерінің сынақ температурасына $\wedge_{\text{сын}}$ тәуелділігі

t, °C	s, МПа	$a_{0.2}$, МПа	δ , %
20	380	265	7
100	315	235	6,5
200	235	190	5
300	175	155	3,5
400	130	120	2
500	105	105	2,5

ҚАҰ типті қоспаларды авиациялық техникада, 500 °C-ге дейінгі температурада жұмыс істейтін, жоғарғы меншікті беріктік және коррозиялық тұрақтылыққа ие бөлшектерді жасау үшін қолданады. Олардан піспек соташығын, компрессор қалағын, жылубөлгіш элементтердің қабығын және жылуалмасқыштардың құбырларын жасайды.

10.3. Талшықты композициялық материалдар

Құрылымның беріктігі мен тұтастығын қамтамасыз етумен қатар, матрица қажет серпімділікке ие болуы және композит жұмыс істеуге арналған температуралық аймақта жұмысқа қабілетті болуы қажет.

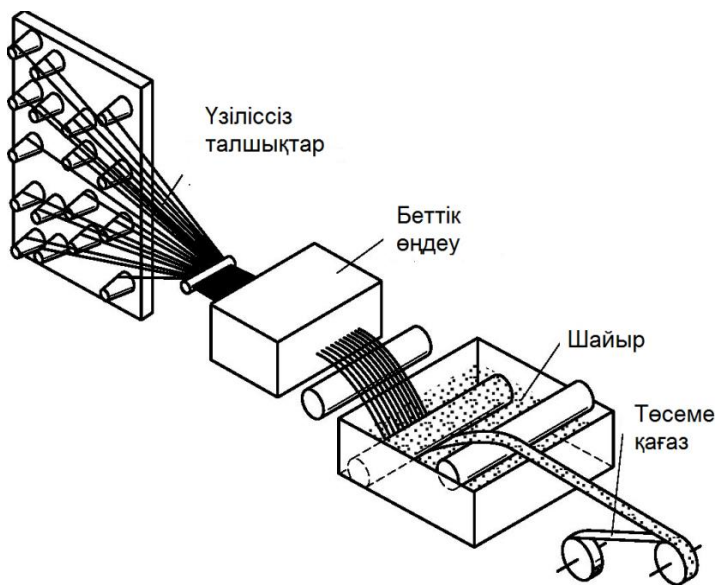
200 °C-ден төменгі температурада қолданылатын композиттерді жасау үшін полимерлі матрицалар қолданылады. Мұндай композиттерге, полиэфирлі шайырдан тұратын матрицасы қысқа шыны талшықтармен нығайтылған шыныпластик жатады. Шыныпластиктерді автокөліктер, қайықтар, кейбір тұрмыстық аспаптардың корпусын жасау үшін қолданады. Сондай-ақ матрица ретінде, негізгі тізбектердің арасындағы көлденең байланыстар үш осьті торы бар қатаң құрылым жасайтын, термореактивті полимерлерді қолданады. Мұндай полимерлерге, көлденең байланыстарының аркасында айтарлықтай жоғарғы жылуға төзімділікке ие, эпоксидті шайырлар жатады.

10.3 суретте сұлбалық түрде талшықты композитті жасаудың әдісі көрсетілген. Талшықты белдекпен орап, жабысқақтықты жақсартатын беттік өңдеу жасап, оларды полимерлі шайырмен қаптайтын ваннаға салады. Шайыр талшықтарды жазық бұрау – таспаға бекітеді. Дайын таспаларды қатпарлы парақша материалдарға (шеренің аналогы) жинақтайды немесе қиынырақ формаларға орайды. Парақшаларға жинақталған немесе оралған материалдарды термиялық өңдеумен қатайтады. Қабаттарды талшықтардың әртүрлі бағыттарымен кезек-кезек қоюға және композитте материалға қатандық беретін арматураның торлы құрылымын жасауға болады.

Қабаттардың арасында және әрбір бөлек қабатта көлденең нығайтудың жоқтығы мұндай композиттің кемшілігі болып табылады. Сондықтан материал қабаттарға бөлініп кетуі мүмкін. Сонымен қатар осындай композиттен жасалған көлемді үлгідегі жарық қабаттар арасында оңай таратылады. Бұл кемшіліктерді жою үшін тоқымалы композиттер жасайды.

Аса жоғары температураларда жұмыс істеу үшін металл матрицалар қолданылады. Өдетте тығыздығы аз металлдарды қолданады: алюминий, сирек – магний, титан.

Металл композиттер полимерлімен салыстырғанда артықшылықтарға ие. Жоғарырақ жұмыс температурасынан бөлек, олар



10.3. сурет. Композит жасау сұлбасы

жақсы изотропия және пайдалану кезіндегі жоғарғы тұрақтылық қасиеті, аса жоғарғы эрозиялық шыдамдылықпен сипатталады. Металл матрицалардың серпімділігі құрылымға қажет тұтқырлықты береді, ол локалды механикалық жүктемелерді жылдам тегістеуге мүмкіндік береді. МКМ жоғарғы жылуөткізгіштігі локалды қызып кетуден сақтайды, бұл зымыранның ұшы және қанаттардың жетекші ернеуі сияқты бұйымдар үшін аса маңызды. МКМ жоғарғы электрөткізгіштігі оларды найзағайдан, электромагниттік сәулеленуден жақсы қорғайды, статикалық электрлік қаупін төмендетеді. Жасау, қалыпқа келтіру, термиялық өңдеу, байланыстарды және төсемелерді қалыптау үдерістерінің аса жоғары технологиялығы МКМ маңызды артықшылығы болып табылады. Негізгі металл матрицалардың қасиеттері 10.2 кестеде көрсетілген.

10.2 кесте. Негізгі металл матрицалардың қасиеттері

Матрица	ρ , г/см ³	σ_b , МПа	E, ГПа	α , 10^{-6} K^{-1}
Al	2,63 ... 2,8	250.. 573	69 . 73	11 ... 13
Mg	1,74	200 ... 280	43 ... 45	14 ... 15
Ni	8,9	500 . 1 200	113	9 . 10
Cu	8,94	220.400	132	17.. 18

Ескерту. ρ — тығыздық; σ_b — уақыттық кедергі; E — серпімділік модулі; α — сызықты кеңейтудің температуралық коэффициенті.

Жоғарылау жұмыс температуралары үшін матрицалық материал ретінде керамиканы қолданады. Оның басты кемшілігі — серпімділіктің жоқтығы — кей жағдайларда керамикада жарықтың таралуын тежейтін нығайтушы талшықтармен компенсацияланады. Матрицалық материал ретінде аморфты оттегіні қолдану, ал нығайтушы материал ретінде — кристалл оттекті (графит) талшықтарды қолдану 2 500°C-ге дейін ысытуға шыдайтын композит жасауға мүмкіндік берді. Мұндай оттегі-оттекті композит авиациялық және зымыранды-ғарыштық техника үшін перспективті. АҚШ-та оттегі-оттекті композиттерді қарқынды пайдалануға, көп ретті қолдануға болатын ғарыш кемелерін жасау бағдарламасы бойынша жұмыстар түргі болды. Мүмкін болатын тотығу мен абляция оттекті матрицаның кемшілігі болып табылады. Бұл құбылыстарды жою үшін композитті кремний карбидінің жұқа қабатымен жабады.

Осылайша, композитті пайдаланудың жұмыс температурасы матрицалық материалды таңдаудың маңызды критеріі болып табылады.

Жоғарғы беріктік пен қатаңдықтан өзге, композитті дайындау үдерісінде балқыылған матрицамен материал талшықтарын сулау композиттер үшін талшықтарға қойылатын негізгі талап болып табылады. Талшықтың матрица материалымен төменгі әсері және оның жоғарғы тотығуға шыдамдылығы маңызды шарттар болы табылады.

МКМ нығайту үшін әдетте үзіліссіз талшықтарды қолданады: оттекті (ОТ), борлы (В), алюминий оксиді (Al_2O_3), кремний карбиді (SiC), бор карбиді (B_4C), бор нитридi (BN), титанның дибориді (TiB_2), кремний оксиді (SiO_2). Сондай-ақ талшықтар ретінде, болат, вольфрам, титан, молибден және бериллийден созу әдісі арқылы алынған, жұқа металл сымды қолданады. Сирек түрлі материалдардың жіп-жіңішке арнайы өсірілген кристаллдары қолданылады.

МКМ нығайту үшін қасиеттері 10.3 кестеде көрсетілген үзіліссіз немесе дискретті оттекті және бор талшықтар көп таралған. Әдетте бор талшықтарын, мысалы бор хлоридін BCl_3 , оның галоидты байланыстарын диссоциациялау кезінде борды газ фазасынан тұндыру арқылы алады. Бор 1 100... 1200°C температураға дейін қыздырылған жұқа (12 мкм) вольфрам сымды негізге тұнады. Тұндыру үдерісінде бор, талшық өзекшесінде вольфрам боридың түзіп, вольфрам негізіне диффузияланады. Талшықтың реакциялық камерада болу уақыты 1,2 мин. Бор талшығының жалпы диаметрі 100.150 мкм.

Полиакрилонитрил (ПАН), сирек — пек, вискоза сияқты оттегінің жоғарғы мөлшері бар полимерлер аса берік және жоғары модульді оттекті талшықтарды алу үшін шикізат болып табылады.

10.3 кесте. Металл композиттерді нығайтуға арналған талшықтардың қасиеттері

Талшық типі	Негіз	g, г/см ³	а, МПа	Е, ГПа	а, 10 ⁻⁶ К ⁻¹
С	ПАН	1,7 ... 2	1,7 ... 3,2	170.. 517	-1 ...-1,5
	Вискоза	1,6 ... 1,8	0,6 ... 3,2	400. 525	-
	Пек	2	1,1 ... 2,1	380. 700	-1,3
SiC	Вольфрам	3,15	3,1 ... 3,4	420.. 450	3,8 ... 5
	ОТ	3,05	3,45	400.. 420	-
В	Вольфрам	2,49	3,52	400	4,8 . 5
	ОТ	2,25	3,32	380	-
В-SiC	Вольфрам	2,5	2,9	400	4,9
AlA	-	3,9	3,9,4,3	380 . 500	8,5

Ескерту: 1. 11.2 кестеге ескертуді қара.

2. ПАН — полиакрилонитрил; ОТ — оттекті талшық.

ПАН талшығын майда саңылаулар арқылы сығады және шамамен 2 000 °С температурада инертті атмосферада пиролизге ұшыратады. Оттекті талшықтарды, диаметрі 7 мкм болатын 10 000-ға дейін элементарлы талшықтардан тұратын, сым түрінде шығарады. Талшық модулі мен беріктігі оны 600 °С температураға дейін қыздырғанда өзгермейді.

Композиттерді түрлі әдістермен алады. Оларға талшық шоғырын алюминий мен магнийдің сұйық балқытпасымен қанықтыру, плазмалық тозаңдау, ыстық тығыздау әдісін кейде гидроэкструзия немесе дайындаманы жұқарту әдістерін кезек-кезек қолдану жатады. Алюминий фольга және талшық қабаттарының кезегінен тұратын, «сэндвич» типті композицияның үзіліссіз талшықтарымен нығайту кезінде жұқарту, ыстық тығыздау, жарылыс арқылы дәнекерлеу, диффузиялық дәнекерлеуді қолданады. Аса берік талшықтармен нығайтылған шыбық және түтік құймасын сұйық металл фазасынан алады. Талшықтардың шоғыры балқытпасы бар ваннадан үзіліссіз өтеді және полимерлі материал дайындаған кезде сұйық шайыр немесе магний, сұйық алюминий қысымымен қанығады. Талшықтар қанықтыру ваннасынан шығарда біріктіріледі және шыбық немесе түтік қалыптайтын фильера арқылы өткізіледі. Бұл әдіс композиттің талшықтармен максималды толтырылуын (85 % дейін), көлденең қимада олардың біртекті үлестірілуін және үдерістің үзіліссіздігін қамтамасыз етеді.

Талшықтардың көп түрлері үшін жақсы қанығу, отқаққа беріктік және талшықтың матрицамен оптималды әсерлесуін қамтамасыз ету үшін жабынды қондырудың технологиялық үдерістері жасалған.

Бор талшықтары кремний немесе бор карбидінен бетінде диффузиялық бөгеу жасау арқылы титан және алюминий балқытпаларын елеуден қорғайды. Кремний карбидімен қорғалған бор талшықтарын борсик (borsic) деп атайды. Оттекті талшықтардың жоғарғы тотығу қабілеті үшін олардың бетіне арнайы қабат жабады, ал қайта жасау үдерістеріне қорғаныш атмосферасында жүзеге асырады.

Оттекті талшықтарда СКТК теріс мәні бар, соның арқасында талшықтардың сәйкес орналасуы кезінде нөлге жақын СКТК алуға мүмкіндік пайда болады.

Кремний карбидінің талшықтарын бор немесе оттекті талшықты төсемеге бу фазасынан химиялық тұндыру әдісімен алады. Мұндай талшықтар жақсы жылутұрақтылық, тотығуға шыдамдылыққа ие және металлмен аз әсерлеседі.

10.1. Қатпарлы композициялық материалдар

Пластмасса, металл немесе керамика қатпарлы құрылымды композиттердің негізінің материалдары болып табылады. Толтырғыштар ретінде полимерлі талшықтар, матадан, трикотаждан және басқа материалдардан жасалған таспаларды қолданады. Жақсы танымал ламинаттар полимерлі талшықтармен немесе шыныматамен нығайтылған шайырлардан жасалған. Оларды құрылыста, көлік жасауда, жиһаз өнеркәсібінде, спорттық саймандарда, үй шаруашылығында және т.б. кең қолданады.

Композиттердің осы тобына, оттекті немесе шыны талшығы бар фенолформальдегидтішайырлардың негізінде жасалған, зымырандарды жылулық қорғауға арналған абляциялық материалдар жатады. Жиі бұл материалдарда, көпқабатты жағу кезінде жұқа қабырғалы құбыр, тығын және басқалары сияқты өнімдердің жоғарғы механикалық қасиеттерін қамтамасыз ететін, шыныматаны қолданады.

Қатпарланған байланыстырғышы алюминий, титан, мыс, никель және кобальт парақшалар және фольга болатын, ал арнайы қасиеттерін және қолдануды анықтайтын қатпарлары ретінде керамика, интерметаллды байланыс немесе басқа металлдар болатын композиттер кездеседі.

Қатпарлы керамикалық композиттерді экстремалды жағдайларда қолданады. Осы типті композиттердің компоненттері ретінде жиі керамика, оттегі және металлдар, мысалы корунд, пиролитикалық графит, карбидтер, оксидтер, алюминий, мыс, титан, никель, кобальт, тантал, темірмен бірге композициядағы нитридтер қолданылады. Мұндай материалдар ғарыштық аппараттарда корунд, борсиликат, оттекті карборунд ламинаттардан жасалған жылуоқшаулағыш силикат плиткаларды жасау үшін қолданыс тапты.

10.1. Композициялық материалдардың қасиеттері және қолданылуы

Аллюминий матрицасы негізіндегі композиттердің негізгі компоненттерінің физика-механикалық қасиеттері 10.4 кестеде көрсетілген. Алюминий матрицасында бор талшықтары бар, қалыңдығы 0,5 мм болатын таспа түріндегі композициялық материалдардың құрылымы 10.4 суретте көрсетілген. Матрицаның нығайтқыш элементпен жақсы үйлесімділігі, бор талшығының жоғарғы беріктік қасиеттері және матрица материалының қанағаттанарлық серпімділігі, осы материалдан жасалған бұйымдардың жақсы технологиялылығы мен конструкциялық сенімділігімен үйлескен МКМ-нің беріктік пен қатандығының жоғарғы меншікті мәндерін айқындайды. Тым төмен тығыздыққа ие МКМ жасау үшін магнийді қолданады. Магний негізді композиттер алюминий қоспаларына қарағанда 30 % жеңілірек, жақсы меншікті қасиеттерге, температураның кең диапазонында тұрақты СКТК ие, ол матрица мен талшық қасиеттерінің комбинациясы есебінен жүзеге асырылады және қолданудың нақты шарттарына байланысты басқаруға болады. Мұндай материалдарды жалпақ плиталар, түтіктер, шыбықтар және арнайы формалы бұйымдарды қоса құймалар қалыбында алуға болады.

Магний — жеңіл металлдардың бірі, ол үшін оттекті, бор талшықтармен және кремний карбидінен жасалған талшықтармен әсерлескенде ешқандай мәселе туындамайды. Оттекті талшықтың перспективті жүйесі

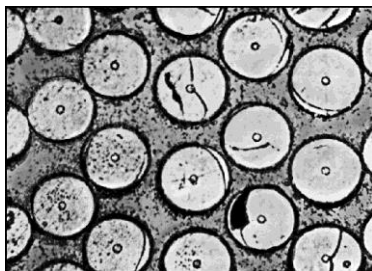
10.4 кесте. Алюминий матрица негізіндегі композиттердің құрауыштарының қасиеттері

Талшық типі	ρ , г/см ³	σ , МПа σ_b	E , ГПа	α ,/(gg), км	$E/(gg)$, 10 ³ км	α , 10 ⁻⁶ К ⁻¹	t , max, °C
Алюминий қоспасына н жасалған матрица	2,63 ... 2,8	250 ... 573	69 ... 73	20	2,5	11 . 13	150
C	2,1 ... 2,3	850/70	360/35	90	20	1 ... 3,6	500
B	2,6	1 800/330	250/140	70	10	6	540
SiC	2,85 ... 2,9	1 600/350	230/140	56	7	6,1	300
B-SiC	2,7 ... 2,8	1 400/320	220/180	50	-	-	-
AlA	3,4	1 200	260/140	34	7	-	-

Ескертуді: 1. 11.2 кестеге ескертуді қара.

2. t_{max} — композиттер қолданатын максималды температура.

3. Алымында беріктік сипаттамалардың — бойлық, бөлімінде — көлденең мәндері.



Сурет 10.4. Композиттің құрылуы Al—В

магний ең жоғарғы меншікті сипаттамаларға ие. Магний матрицасы негізіндегі МКМ кейбір қасиеттері 10.5 кестеде көрсетілген. Оттекті талшық – алюминий және оттекті талшық – магний жүйелері, меншікті беріктік пен қатандықтың жоғарғы мәні, аз СКТК және салыстырмалы жоғары жылуөткізгіштігінің арқасында авиациялық және ғарыштық техникада қолдану үшін перспективалы.

Жоғарғы серпімділік пен беріктікке ие

ссыасы төмен композиттерді жасай отырып, төмен к және қатаң талшықтармен жақсы үйлеседі. Бор немесе кремний карбидінің талшығымен нығайтылған титан осындай комбинацияның мысалы бола алады. Алайда мұндай жүйелерде, дайындаудың жоғарғы температурасы кезіндегі талшықтар мен матрицалардың арасындағы химиялық әсерлесу мен қалдық кернеудің әсерінен төмендетілген қажуға беріктікке ие. Сонымен қатар, титан матрицасы негізіндегі композиттерді механикалық өңдеу үлкен қиындыққа соқтырады. Композиттердің мұндай түрінің кемшілігі – титан матрицасының жоғарғы реакциялық қабілеттілігі. Титан матрицасы негізіндегі МКМ қасиеттері 10.6 кестеде көрсетілген.

Композиттердің меншікті беріктігі мен қатандығына тәжірибе температурасының әсері 10.5 суретте көрсетілген.

10.6 суретте бор талшығымен (кремний карбидінің жабынымен) нығайтылған алюминий қоспасының негізіндегі композиттің қасиеттері келтірілген.

Беріктік және серпімділік модулі, сондай-ақ, алюминий, магний және титан негізіндегі бірбағытты композиттер үшін материалдардың соққыға кедергісі композицияда талшықтардың көлемдік мөлшерінің өсуіне қарай ұлғаяды.

Аса жоғары температуралар үшін, мысалы реактивті қозғалтқыштардың жану камераларында, титан және суперқоспадан жасалған матрицаларда молибден және вольфрам сымдардан тұратын жүйелерді қолданады. 1 093 °C температурада жоғары беріктікке W—Re — Hf—C: $a_v = 2,2$ ГПа қоспасындағы сым ие, ол осындай температурадағы никель және кобальт беріктігінен 6 есе көп.

МКМ көлемді нығайту үдерісінің дамуымен үлкен перспективалар ашылады. Соның ішінде, МКМ үшін көлемді нығайту екпінді тұтқырлықта қомақты пайда әкеледі. Үшөлшемді нығайтудың Al_2O_3 —Al жүйесі таза металл сияқты

10.5 кесте. **Магнийлік матрица негізіндегі металл композиттердің қасиеттері**

Материал	γ , г/см ³	α , МПа _B	E, ГПа	$\sigma/(\epsilon)$ ' км	E/(\gamma g), 10 ³ км	α , 10 ⁻⁶ К ⁻¹	t, °C max
Магний қоспалары	1,74...1,83	200...280	43...45	15,5	2,5	14...15	—
Нығайтушы талшықтар:							
C	1,9...1,95	825	352	115*	23*	—	300...320
B	2,15	550	150	25	7	—	—
Al ₂ O ₃	2,5...2,9	530	210	20	8	—	—

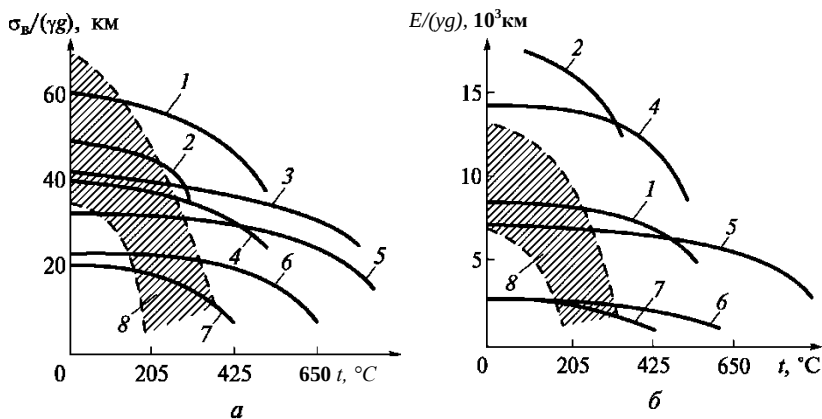
Ескерту. 10.4 кестедегі 1, 2 ескертуді қара.

* Қасиеттердің жобаланатын мәндері.

10.6 кесте. **Титан матрица негізіндегі металл композиттердің қасиеттері**

Материал	γ , г/см ³	α , МПа _B	E, ГПа	$\sigma/(\epsilon)$ ' км	E/(\gamma g), 10 ³ км	α , КГ ⁻⁶ К ⁻¹	t, °C max
Титан қоспалар	4,5	500... 1200	113	27	2,6	9	490
Нығайтушы талшықтар:							
B	3,3 ...3,5	1 500/550	230	43	6,5	—	650
SiC	П-	1 720/650	250/220	46	7,5	—	700
B—SiC	3,7...3,9	1400/550	290/200	37	7,5	4,5...5,7	—

Ескерту. 10.4 кестеге ескертуді қара.

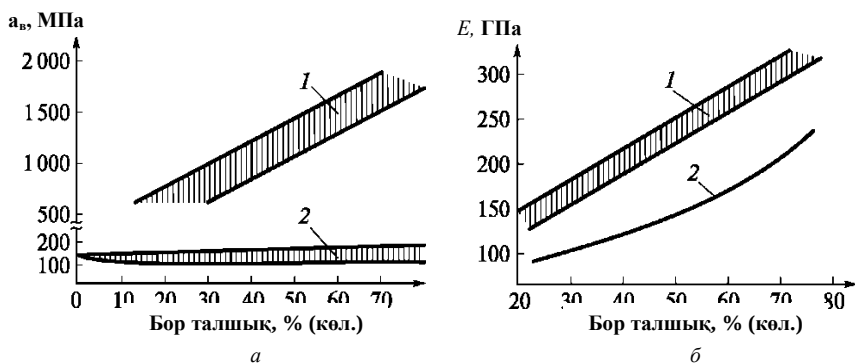


Сурет 10.5. Материалдың меншікті беріктігі (а) мен меншікті қатаңдығының (б) температураға тәуелділігі:

1 - В—Al; 2 - УВ — Mg; 3 - В-Ti; 4 - УВ-Al; 5 - SiC-Ti; 6 - Ti; 7 - Al;
8 - ОТ-беріктілігі жоғары болат композит; ОТ — оттекті талшық

соққы энергиясын жұтады. Үшөлшемді талшықты құрылыммен қамтамасыз етілетін, қалыңдық бойынша нығайту қабаттарға бөлінудің алдын алады және жарықтардың таралуын шектейді.

МКМ кемшіліктеріне олардың салыстырмалы жоғары құны мен дайындаудың қиындығы жатады. Қазіргі таңда МКМ құны ПКМ-дан бірнеше есеге көп. Технологияны жетілдіру МКМ өзіндік құнын арзандатуға мүмкіндік береді, ал олардың бірегей қасиеттері оларды конструкциялар қатарында таптырмайтын етеді.



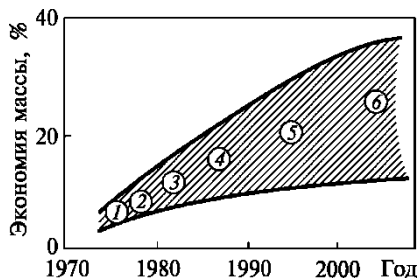
Сурет 10.6. Боралюминий композиттің нығайту осінің бойлық (1) және көлденең (2) уақыттық кедергісі (а) мен серпімділік модулінің (б) бор талшықтарының көлемді мөлшеріне тәуелділігі

Авиациялық және зымыран-ғарыштық техникада бор талшықты композиттерді айтарлықтай кең қолданады. Борпластик және бораломинийден жасалған бұйымдарды Lockheed, Boeing, GeneralDynamics сияқты ірі фирмалар қолданады. Борпластик және бор-алюминийден көлденең және тік стабилизаторлар, тұтқалар, ұшақтың артқы қанаттануын, лонжерондарды, бұрамалардың қалақшаларын, қанаттардың көмкермелерін және басқаларды дайындайды. МКМ қолдану аясы үздіксіз кеңеюде. Көптеген жауапты бұйымдардың техникалық сипаттамаларын жақсартудан басқа, МКМ қолдану массаның 20...30%-дық үнемделуін қамтамасыз етеді. Заманауи Al—Li қоспалары бұл көрсеткіштің 10.15 % деңгейіне ие (10.7 сурет). Титан қоспаларымен салыстырғанда бораломиний бұйымдары массаны 30.40% төмендетеді, 500 °С-ге дейін қыздырғанда айтарлықтай жоғары, ұзақ және қажуға беріктікті қамтамасыз етеді. Бораломинийді зымыран-ғарыштық техникада қолдану аса нәтижелі. «Атлас» зымыраны, «Аполлон», «Шаттл» ғарыштық кемелері үшін ірі бұйымдарды жасау үшін оларды қолдану олардың массасын 20.50 % төмендетуге мүмкіндік берді. Бұл, өз кезегінде, пайдалы жүктемені ұлғайтты, ал әскери ұшақтар үшін – ұшу қашықтығын, қарулану көлемін және т.б. ұлғайтты. F-15 жойғышының ұшу массасын 6 %-ға, немесе шамамен 1 100 кг-ға кеміту ұшу қашықтығын 15 %-ға ұлғайтады. Toyota (Жапония) фирмасы көлікқұрылыс бұйымдары үшін МКМ жасады. Алюминийді түрлі ара қатынасымен алюминий (Al_2O_3) және кремний (SiO_2) оксидінің қысқа талшықтарының қоспасымен нығайтты (диаметр 3 мкм және ұзындығы 10 мкм) Al_2O_3 талшықтарының массалық үлесін арттырғанда беріктік мен серпімділік модулі артады, SiO_2 талшықтарының үлесі артқанда тозуға төзімділік артады. Бұл материалды поршень қаптамасын дайындау үшін никель қоспаларының орнына қолданды, ол қозғалтқыштың жану камерасындағы температураны және оның қуатын арттыруға мүмкіндік берді. Поршеньдердің тозуға төзімділігін арттыру есебінен автокөліктің жүріп өткен жолын 300 мың км-ге дейін ұзартты. Мұндай МКМ өндіру, жапон мамандарының пікірінше, келесі буынның өнеркәсіптік технологиясын ашады.

Ұшқыш аппараттардың массасын үнемдеу мақсатымен материалды дұрыс таңдау анықтаушы рөлді атқарады. Құрылымның құны

Сурет 10.7. Әртүрлі құрылыс материалдарын қолдану кезіндегі авиағарыштық құрылымдардың массаларын потенциалды үнемдеу:

- 1, 2 — алюминий қоспалары; 3 — титан қоспалары ($Ti-10Al-2V-Fe$); 4 — Al — Li қоспасы; 5 — ұнтақ материалдар; 6 — металл композиттер



әскери ұшақтар үшін 40 %, сауда үшін – 68 %, ғарыш аппараттары үшін – 19 %, «Шаттл» типті орбиталы ғарыш кемесі үшін – 50 % құрайды. Ғарыштық техникада массаны үнемдеуді ұшыру санын ескере отырып, 1 кг массаны орбитаға шығару құны арқылы бағалау қабылданған. Бастапқы массаның жер маңы орбитасына жеткізілген массаға қатынасы 100 : 1 болатынын ескерсек, бұл мөлшер 30 мың долл./кг болуы мүмкін.

«Шаттл» ғарыштық кемесінің құрылысында композиттерді қолдану массаны 1 402 кг-ға төмендетуге мүмкіндік берді, соның ішінде борпластик қоладу арқылы 410 кг және боралюминиймен 82 кг. Массаны осылай үнемдеу кемеі орбитаға шығарудың шығынын бірнеше миллион долларға азайтуға мүмкіндік берді, бұл осы материалдардан тұратын конструкциялардың элементтерінің құнына шығынның орнын алдын ала толтырады.

Бақылау сұрақтары

1. Композициялық материалдардың бөлшектері қандай қасиеттерге ие?
2. Композициялық материалдарда қандай құрылым болуы мүмкін?
3. Композициялық материалдарда не матрица болады?
4. Композициялық материалдарды қатайту үшін қандай толтырғыштарды қолданады?
5. ҚАҰ типті материалдар дегеніміз не?
6. Бор талшықтарының композициялық материалдардың қасиетіне әсері қандай?
7. Композициялық материалдарда қандай әдістермен алуға болады?
8. Композициялық материалдар өнеркәсіптің қандай аймақтарында қолданылуы мүмкін?

ҰНТАҚТЫ МАТЕРИАЛДАР**11.1. Жалпы мәліметтер**

Ұнтақты металлургия әдістері, басқа әдіспен алу мүмкін емес немес қиын принципиялды жаңа материалдарды жасауға мүмкіндік береді: көпқабатты композициялар, металл және бейметалл компоненттерінің түрлі комбинациялары, кең диапазонды бақылау кеуектілігі бар кеуек материалдар, баяу балқитын металлдардан жасалатын бұйымдар және т.б. Ұнтақты металлургия металл қалдықтарын жаңқаға айналдырып отырып, минимумға жеткізуге, бұйымдарды даярлау технологиясын жеңілдетуге және олардың өндірісінің еңбек сыйымдылығын төмендетуге мүмкіндік береді.

Ұнтақтан бұйымдар даярлаудың технологиялық үдерісі ұнтақ алу, шихтаны әзірлеу, қалыптау, біріктіру, ыстық тығыздау және қалыптамадан тұрады. Кейде бұйымдарды майлайтын материалдармен майлау, термиялық және химия-термиялық өңдеу, калибрлеу және кесумен өңдеуден тұратын қосымша өңдеуді қолданады.

Ұнтақ бөлшектерінің өлшемі әдетте 0,1 мкм-ден 0,1 мм-ге дейін болады. Одан ірілеу түйірлерді – *түйіршік*, ұсақтауларын – *она* деп атайды.

Металл *ұнтақтарды* физика-механикалық және химия-металлургиялық әдістермен алады. Ұнтақтарды алудың физика-механикалық әдістерінің негізі металлдарды қатты және сұйық күйлерде механикалық ұсақтау әдісінен тұрады. Оларға уату және жаңқаны диірменде тарту, балқытылған металлды тығыздалған ауа, газ немесе сұйықтық ағысымен тозандандыру, балқытылған металлды сұйықтыққа құю кезіндегі түйіршіктену және т.б. жатады.

Химия-металлургиялық әдістерге оксидтен металлдарды қалпына келтіру, тұздың су ерітінділерінен металлды электролиттік тұндыру, металлдардың карбонильді байланыстарын термиялық диссоциациялау әдістері жатады.

Белгілі бір химиялық құрамды ұнтақтардан жасалған дайындаманы тығыздау арқылы қалыптау кезінде оларға қалып және дайын бұйымдардың өлшемдерін береді, одан соң біріктіруге жібереді. Біріктіру кезінде осал тығыздалған дайындамалар, қасиеттері кеуексіз ықшам материалдардың қасиеттеріне жақын берік біріктірілген денеге айналады. Графит, никель және басқа компоненттердің қоспасы бар темір негізді конструкциялық материалдардан жасалған бұйымдарды біріктіру температурасы 1 100.. .1 200 °С.

Темір негізді антифрикциялық мақсатта жасалатын бұйымдарды біріктіру температурасы 1000...1 050°C, қола негізді — 850...950°C. Біріктіруді қыздыру пештерінде, қағида бойынша, ұнтақ бөлшектерінің тотығуын алдын алу үшін қорғаныс атмосферасында немесе вакуумда 0,5.1,5 сағат жүргізеді. Материалдардың пайдалану және механикалық қасиеттерінің аса жоғары сипаттамасын алу үшін және қалыптау мен біріктіруден кейінгі өлшемдерінің дәлдігін арттыру үшін қосымша ыстық тығыздау, қалыптама, жұқарту үдерістерін жүргізеді.

Ұнтақ бөлшектерді термиялық өңдеуге кейбір спецификалық ерекшеліктер тән. Кеуектілік ұнтақты материалдардың тотығу қабілеттілігін арттырады, сондықтан оларды қыздыруды қорғаныс атмосферасында жүргізген жөн. Газбен толтырылған қуыстар жылуткізгіштікті төмендетеді, ол ықшам материалдармен салыстырғанда кеуекті материалдардың шынығу қабілетін нашарлатады. Кеуек бөлшектер үшін су ағысында кенет салқындату немесе салқындатуды қиындататын бу қаптамасын болдырмауды жылдамдату үшін екпінді араластыру сияқты шынықтыруды қолданған жөн. Шынықтырудан кейін бөлшектердің қуыстарынан дамқыл толық кеткенше міндетті түрде кептірілуі керек.

Кей кезде қосымша ұнтақты материалдан жасалған бөлшектерге ХТӨ жүргізеді. Цементтеу мен нитроцементтеуді беткі қабаттың қаттылығы мен тозуға төзімділігін арттыру үшін қолданады. Азоттау бөлшектердің жоғарғы қаттылық, қажуға беріктік және коррозиялық шыдамдылығына қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Сульфидтеуді темір және темірграфитті бұйымдардың тозуға төзімділігі мен қаттылығын арттыру үшін үйкеліс коэффициентін азайту мақсатында қолданады. Сульфидтеудің ең қарапайым әдісі – кеуек бұйымдарды алдымен 140.160 °C температурада балқытылған күкіртке енгізіп (ұстап тұру уақыты 10.15 мин.), одан соң 400.500 °C-ге дейін азоткөміртекті атмосферасы бар герметизацияланған пеште қыздыру арқылы күкірпен қуыстарды бітеу.

Бумен өңдеу арқылы оксидтеуді темір негізді ұнтақ бөлшектердің коррозиялық шыдамдылығы мен тозуға төзімділігін арттыру үшін қолданады. Әдетте бумен өңдеуді 1 сағат көлемінде 550 °C температурада қолданады, одан кейін майда суытады. Бөлшектердің және ашық қуыстардың бетіндегі темір мен су буының әсерлесуі кезінде берік коррозияға шыдамды қабықша пайда болады.

11.2. Конструкциялық материалдар

Ұнтақты металлургия өнімдерінің аса таралған түрі көлік құрылысы үшін бұйымдар болып табылады. Қалдықтардың толық дерлік жоқтығын ескерсек, олар минималды құн мен еңбексіздікшілдігіне ие.

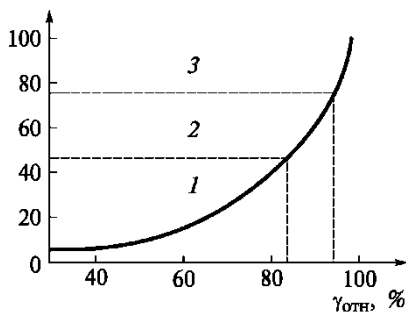
Конструкциялық ұнтақты материалдарды, қарапайым көміртекті және қоспалы болат, шойын және түсті металлдарды алмастыратын, жалпы мақсаттағы және арнайы қасиеттер – жоғарғы тозуға төзімділік, қаттылық, ыстыққа беріктік, коррозиялық шыдамдылық, спецификалық магнитті және электрлік сипаттамаларға ие материалдар деп бөледі. Жүктелу шартына байланысты аз-, орташа- және ауыржүктелген бөлшектерге бөледі, олар өз кезегінде статикалық және динамикалық күшпен ауыржүктелген болып бөлінеді.

Беріктік бойынша талап жоғары болған сайын, металлдың кеуектілігі төменірек болуы керек. Тығыздығы (кеуектілігі) бойынша ұнтақты бөлшектерді төрт топқа жіктейді. Статикалық күшпен ауыржүктелген бөлшектерді көміртекті немесе қоспалы болат және түсті қорытпадан жасайды. Материалдың кеуектілігі 9 %-дан аспау керек. Бұйымды салқын тығыздау мен біріктіру, одан кейін қосымша ыстық және суық қалыптау немесе ыстық тығыздау арқылы алады. Сондай-ақ оңай балқитын металл балқымаларымен, одан кейін термиялық өңдеу арқылы қуыстарды бітеуді қолданады. Динамикалық күшпен ауыржүктелген бөлшектерді кеуектілігі 2 %-дан аспайтын көміртекті және қоспалы болат пен түсті металлдардың қоспаларының ұнтағынан жасайды. Бұл жағдайда салқын тығыздау, біріктіру, ыстық қалыптау, ыстық тығыздау немесе ХТӨ жүргізеді.

11.1 суретте сырт пішінінің қалыптасуының түрлі технологиялық үдерісіндегі ұнтақты материалдардың салыстырмалы беріктігінің $a_{\text{сал}} = (o_{\text{ұнт}}/a_{\text{комп}})100\%$ салыстырмалы тығыздыққа $u_{\text{сал}} = (U_{\text{ұнт}}/u_{\text{комп}})100\%$ тәуелділігі көрсетілген, мұндағы $u_{\text{ұнт}}$, $u_{\text{ұнт}}$ — ұнтақты материалдардың беріктігі мен тығыздығы; $a_{\text{комп}}$, $u_{\text{комп}}$ — композиттердің беріктігі мен тығыздығы.

Тығыздық артқан сайын бір мезетте серпімділік пен соққы тұтқырлығы артады. Кеуектілікті өзгерте отырып, тығыздық пен механикалық қасиеттерді басқаруға, бұйымның жұмыс істеуінің нақты шарттары үшін белгіленген қасиеттері бар материалдарды таңдауға болады.

Сурет 11.1. Ұнтақты конструкциялық материалдардың салыстырмалы беріктігінің олардың салыстырмалы тығыздығы мен сырт пішінінің қалыптасу технологиясына тәуелділігі:
1 — статикалық салқын тығыздау;
2 — жоғары жылдамдықты салқын тығыздау; 3 — ыстық қалыптау



Ұнтақты болаттар механикалық қасиеттері бойынша сәйкес құрамды құйылған және соғылған болаттардан кем түспеуі мүмкін. Осылайша, титан мөлшерін 2... 3 %-ға дейін арттыру мүмкіндігінің арқасында мартенситті ескіретін болаттар соққы тұтқырлығы КСУ30.40 Дж/см² кезінде 2 000 МПа-ға дейін уақыттық кедергіге ие.

Коррозияға шыдамды ұнтақты материалдарды алу үшін негіз ретінде әдетте болат және белгілі бір құрамды қоспалардың ұнтақтары қызмет атқарады.

Титан және оның қоспаларының ұнтақтарын ауыржүктелген бөлшектерді жасау үшін қолданған перспективті. Титан негізді ұнтақты бұйымдардың жоғарғы механикалық қасиеттері ($\sigma_b = 650.900$ МПа; $\delta = 8.16$ %) оларды автокөлік қозғалтқыштарының шатундарын жасау үшін қолдануға мүмкіндік береді, ол едәуір массаны азайтады, инерциялық күшті төмендетеді және қозғалтқыштың қуатын арттырады. Титан ұнтақтарынан химиялық және тағамдық машина жасау, аспап жасау және басқалар үшін тығын, қақпақ, түтік сияқты бөлшектердің сериялы өндірісі ұйымдастырылған.

11.3. Үйкеліссіз ұнтақты материалдар

Сырғанауға, нығыздауға мойынтіректер, өкшеліктерді жасау үшін құйма қорыталармен (қолалар, баббиттер және шойындар) қатар, ұнтақты металлургия әдісімен жасалған үйкеліссіз материалдар (МОСТ 26802—86) қолданылады. Мұндай материалдар мыс немесе темір негізінде жасалады және оларға белгіленген пайдалану және механикалық қасиеттерін қамтамасыз ететін, қатаң майлағыш типті заттардан тұрады.

Үйкеліссіз ұнтақты материалдар төменгі үйкеліс коэффициенті, жақсы тозуға төзімділік, білікпен оңай жұмыс істеу және едәуір жүктемені көтеру қабілеттілігімен сипатталады. Үйкеліссіз ұнтақты материалдар қарапайым үйкеліссіз материалдармен салыстырғанда артықшылықтарға ие. Олардың тозуға төзімділігі қола және баббиттерге қарағанда бірнеше есе жоғары, ол аса жоғары жылдамдық пен қысымда жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Құрылымында кең ауқымда (35 % дейін) басқарылатын, кеуектіліктің бар болуы оларды алдын ала жағармаймен малауға мүмкіндік береді. Жұмыс істеу кезінде, материалдың майда каналдары мен қуыстарында капилляр күшімен құрықталған май қыздырған сайын біртіндеп сыртқа ығыстырылады және жұмыс бетінде жақпа қабықшасын түзеді. Мойынтіректі токтату және одан кейін суыту кезінде май ішінара қайта қуыстарға сіңіріледі. Кеуекті мойынтіректер қосымша майлаусыз ұзақ уақыт жұмыс істей алады. Май сіңген кеуекті мойынтіректерде өзіндікмайлану эффектісі сырттан майлағыш материалды жеткізбестен 3 000 . 5 000 сағ. көлемінде сақтала алады.

Композициялық үйкеліссіз ұнтақты материалдар, қатаң майлағыш роліндегі (графит, сульфид, пластмасса және кейбір басқа байланыстар) заттардан тұратын біртекті үлестірілген қосындыларға ие болуға мүмкіндік береді. Мұндай материалдар сұйық майлағышсыз (кебу үйкеліс режимінде) жұмыс істегенде салыстырмалы төмен үйкеліс коэффициентіне ие. Қатты майлағыштың жоғары үйкеліссіз қасиеті мен металл қасиеттері бар пластмассаның үйлесімі суда, агрессивті сұйықтықтарда, бензинде, түрлі газды орталарда, вакуумда, сондай-ақ жоғарғы және төменгі температурада жұмыс істеуге қабілетті материалдарды алуға мүмкіндік береді.

Үйкеліссіз ұнтақ материалдар, қаңқасы берік материалдан жасалған, ал аралығы жұмсағырақ материалмен толтырылған, қаңқалы конструкция болып санала алады. Керісінше, мойынтіректің жұмысқа қабілеттілігін арттыратын, дисперсиялықтың түрлі деңгейлі, біртекті үйлестірілген қатты қосылысы бар жұмсақ матрицаға ие болға болады. Бұл ерекшеліктер үйкеліссіз ұнтақты материалдардың қасиеттерін пайдаланудың нақты шарттарына қатысты бағытталған басқаруды жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Ұнтақты сырғанау мойынтіректерін енгізу жұмыс істейтін құрылғының төзімділігі мен сенімділігін арттырады, оларды жасаудың еңбексыйымдылық үдерісін төмендетеді, металл қалдығын жаңқаға айналдыру арқылы азайтуға мүмкіндік береді, тапшы түсті металлдар мен қоспаларды үнемдеуді қамтамасыз етеді.

11.4. Үйкелісті материалдар

Үйкелісті ұнтақты материалдар автокөліктердің, шынжыр табанды машиналардың, жол және құрылыс механизмдерінің, ұшақтардың, станоктардың, сыкқыштардың және т.б. тежегіш және беріліс түйіндерінде жұмыс істеуге арналған. Ұнтақты материалдардан жасалған үйкелісті элементтерді дисктер, секторлық қаптама түрлі кескіндемелі негіздер түрінде жасайды. Мыс және темір негізді үйкелісті ұнтақты материалдар қолданылады.

Құрамында қорғасын, графит және темір бар, қалайы және алюминийлі қола негізіндегі ұнтақты материалдар, көбінесе 35 МПа-ға дейінгі қысым мен сырғанау жылдамдығы 50 м/с-ке дейінгі кезде қаттылығы 40...45 HRC орташа көміртектелген болатпен үйкеліс жағдайында жұмыс істеу үшін арналған. Төмен қысым және 5 м/с-ке дейінгі жылдамдық кезінде металлпластмасса материалдар қолданылады.

Құрамында мыс, графит, кремний оксиді, асбест, барий сульфатының қоспасы бар темір негізіндегі ұнтақты материалдар, 300 Мпа-ға дейінгі қысым мен 60 м/с-ке дейінгі жылдамдықта шойын немесе қоспалы болатпен бірге түрлі конструкциялардың тежегіш жабдықтамасында – дискті, қалыпты,

таспалы тежегіштерде үйкеліс жағдайында жұмыс істеуге арналған.

Ұнтақты материалдар асбифрициялық материалдармен салыстырғанда аса жоғары термо- және тозуға төзімділік мәндеріне ие (2 – 4 есе), ал кей жағдайларда, мысалы қоспалы шойынмен жұмыс кезінде, одан да жоғары (15...25 %-ға) үйкеліс коэффициентіне ие болады.

11.5. Кеуекті сүзгіш элементтер

Сүзгіш элементтерді жасау үшін әдетте мата, киіз, керамика, фарфор, сонымен қатар түрлі материалдардан жасалған тор сүзгіштерді қолданады. Төмен коррозияға шыдамдылық, жеткіліксіз механикалық беріктік, төмен термотұрақтылық және ыстыққа беріктілік олардың кемшіліктері болып табылады. Көп жағдайда олар жоғарғы қысымның түсуін болдырмайды, регенерацияға қиын беріледі.

Асакеуекті ұнтақты металл материалдар қатаң кеңістіктік каркасының арқасында аса жоғары беріктікке ие, температураның кенет ауытқуына төзімді, оңай өңделеді, балқытып біріктіріледі және дәнекерленеді, қажет коррозияға шыдамдылық, ыстыққа төзімділік, жылуөткізгіштікпен қамтамасыз етеді. Жоғары кеуектілігінің салдарынан мұндай материалдар жеткілікті жұқа сүзгілеу (30 мкм дейін) кезінде сұйықтықтар мен газдар үшін жақсы өтімділікке ие, оңай қайта қалпына келтіріледі (сонымен қатар толық дерлік өзінің бастапқы қасиеттерін қалпына келтіреді), сүзгіленетін сұйықтықтар мен газдарды сүзгі материалдарымен ластамайды.

Металл кеуекті элементтерді жасау технологиясы олардың қалыпы мен өлшемдеріне тәуелді. Ірі емес өлшемді сүзгіштерді бос себілген ұнтақты біріктіру арқылы дайындайды. Одан ірірек сүзгіштер үшін салқын тығыздау, одан кейін біріктіру қолданылады. Жұқа кеуекті таспаларды алу үшін жұқартуды қолданады.

Кеуекті өткізгіш элементтерді жасау үшін түрлі металлдар мен қоспалардың ұнтақтарын: көміртекті және түрлі таңбалы коррозияға шыдамды болатты, хром және молибдені бар никель қоспасын, мыс, титан, алюминий, вольфрам, молибден және басқа қоспаларын қолданады. Техникада едәуір кең қолданыс тапқан коррозияға шыдамды болат, қола, титан және никель қоспаларынан жасалған сүзгіштер болды.

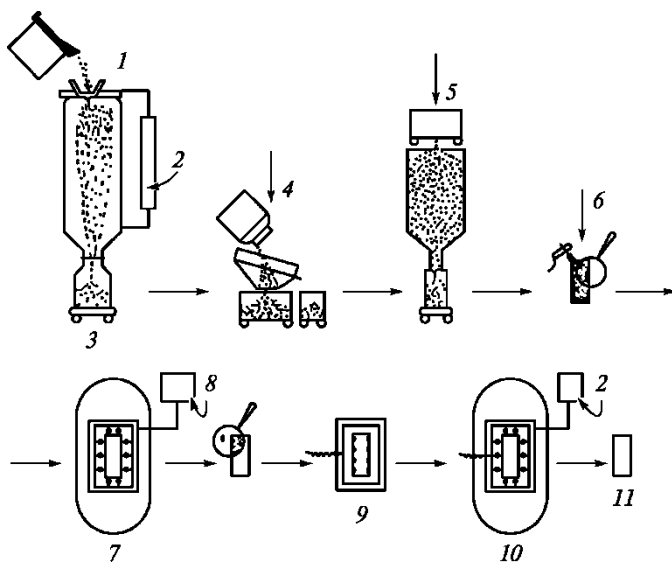
Ұнтақты материалдарды қолдану тазартылған сұйықтықтарда жұмыс істейтін сорғы, қозғалтқыш және басқа агрегаттардың қызмет ету мерзімін ұзартуға мүмкіндік береді. Олардың көмегімен химиялық үдерістерінде эффективтілігі артады және вакуумды өнімнің сапасы жақсарады, жаңа қасиеттері бар материалдар алу үшін мүмкіндіктер туады.

11.6. Құрал-сайман жасалатын ұнтақты болаттар

Жылдам кесетін болаттардың ұнтақтарын алу газ және сумен тозандандыру әдісімен жүзеге асырылады. Газбен тозандандыру әдісімен (ASEA-Stora үрдісі) құрал-сайманның ұнтақты дайындамаларын алудың негізгі технологиялық амалдары 11.2 суретте көрсетілген.

Ұнтақты металлургия әдісі аса жоғары физика-техникалық және эксплуатациялық қасиеттері бар құрал-сайман жасайтын болаттарды алуға мүмкіндік береді.

Қарапайым бөлетін жылдам кескіш болаттардың кемшілігі карбидтердің біртекті емес үййлестірілуінен тұраы. Ұнтақты болаттарда карбидті ликвация жоқ. Ұнтақты металлургия материал шығынын төмендетуді, энергошығынды азайтуды, сонымен қатар химиялық құрамның қажет өзгерісін қамтамасыз етеді. Құрылысын ұсақтау және карбидтерді біртекті үййлестірудің арқасында жылдам кескіш болаттардың тозуға шыдамдылығы, қарапайымға қарағанда, 1,5 – 3 есеге артты. Ыстық изостатикалық тығыздау технологиясы көптеген мемлекеттерде қолданылады, алайда күрделі аппаратураны қолдану қажеттілігі оның тиімділігін төмендетеді.



Сурет 11.2. ASEA-Stora үдерісінің сұлбасы:

1 — балқыманы құю; 2 — газ беру; 3 — балқыманы тозандандыру; 4 — фракцияларды отырғызу; 5 — контейнерді ұнтақпен толтыру; 6 — контейнердің жоғарғы қаппағын дәнекерлеу және саңылаусыздықты бақылау; 7 — контейнерді салқын гидростатикалық тығыздау; 8 — саңылаусыздықты бақылау; 9 — контейнерді алдын ала қыздыру; 10 — контейнерді ыстық гидростатикалық тығыздау; 11 — дайындаманы тығыздау

11.1 кесте. 10P6M5K5 ұнтақты жылдам кескіш болаттың қасиеттері

Жасау әдісі	Тығыздық, г/см ³	Көміртегінің массалық үлесі, %	Екінші ретгі қатандық HRC	Температура кезінде демалыстан кейін HRC қаттылығы, °C		Иілу кезіндегі беріктік шегі, МПа	Соққы тұтқырлығы КСУ, Дж/см ²
				620	630		
Ыстық изостатикалық тығыздау + соғу	8,18	1-U	67...68	59	58	3 500.. 4 000	25 ..30
			68...69	62	60	3 000... 3 300	25 ..28
Ыстық сығып құю	8,17	1,03...1,1	67,5	59,5	58,5	3 180... 3510	17..19
			68,5	61	60	3 150.. 3 380	15..17
			68,5	63	61	2 350.. 2 650	11..15
Қарапайым технология	8,16	1—1Л	67...68	59	58	2 500.. 3 000	10..18
			68...69	62	60	2 100.. 2 500	5..12

Ұнтақты дайындамаларды 10 %-дан кем кеуектілікпен біріктіргеннен кейін жоғарғы дәрежеде (90 %-дан жоғары) сығатын, ыстық экструзия үнемдірек болып саналады. Қағида бойынша, жылдам кесетін ұнтақты болатты өндіру кезінде бөлшектерінің өлшемі 600 мкм-ден кем ұнтақтарды қолданады. Біріктіру температурасы көміртегінің мөлшеріне тәуелді. Көміртегінің 1 % мөлшері бар болат үшін біріктіру температурасы 1 240 °C құрайды, көміртегінің мөлшерін 1,6 %-ға көбейткенде — 1 200 °C. Ұнтақты жылдам кесетін болатты, тәртібі қарапайым қайта балқытылған болатты өңдеу кезіндегідей термиялық өңдейді: босату, шынықтыру және үш реттік демалыс. Ұнтақты болаттарды шынықтыру кезіндегі қыздыру температурасы біршама төмен. Ұнтақты металлургия бұйымдардың ұсақ түйірлі құрылымымен қамтамасыз етеді, олардың беріктігін, тұтқырлығын және тозуға төзімділігін жоғарылатады (11.1 кесте).

Сондай-ақ ұнтақты жоғары қоспалы құрал-сайман жасайтын болаттарды мөртабандар үшін қолданады. О.В. Роман мәліметтері бойынша, соқпалы сығып шығаруға арналған құрал-саймандарды жасау үшін қолданылатын, жоғары тығыздықты Х12М типті хроммолибденді болат келесідей физика-механикалық қасиеттерге ие:

Тығыздық, г/см ³	7,7...7,2
Уақыттық кедергі, МПа.....	1 100. 1 260
Иілу кезіндегі беріктік шегі, МПа.....	1 350. 1 440
Сығу кезіндегі беріктік шегі, МПа.....	2 080.2160
Бұзылу тұтқырлығы, МПа ■ м ^{1/2}	42.45

11.7. Карбидболаттар

Карбидболаттар деп массалық үлесі 20.70 % болатын, қоспалы болат матрица мен карбидтен тұратын ұнтақты материалдарды айтады. Карбидті құрама ретінде жиі титан карбидін қолданады. Қоспалы болаттан жасалған матрица ондағы біртекті үйлестірілген карбидтермен байланыстырғыш ролін атқарады. Ұнтақта қосындыны даярлау, титан карбидінің ұнтағын берілген құрамның болат-байланыстырғыш ұнтағымен немесе темір ұнтағының қосындысын қоспалы компоненттердің ұнтақтарымен араластырудан тұрады. Металл-байланыстырғыш ретінде әдетте Х12М, Х4Н2МВ, Х6В3М, 5Х6ВМ2, Р6М5К5 таңбалы қоспалы құрал-сайман жасайтын болаттар қолданылады. 11.2 кестеде шынықтыру мен демалыстан кейінгі біріктірілген карбидболаттардың қасиеттері көрсетілген.

Шынықтыру мен демалыстан кейін карбидболаттар жоғарғы қатандық пен тозуға төзімділікке ие болады. Қасиеттерінің кешені бойынша карбидболаттар қатты балқымалар мен жылдам кесетін болаттардың ортасындағы аралықта орналасады.

Түрлі мақсаттағы құрал-саймандардан басқа карбидболаттарды интенсивті тозуға (тетіктер, білікшелер, мойынтіректер, тісті доңғалақтар, жұдырықшалар) ұшырайтын

11.2 кесте. Вакуумда біріктірілген карбидболаттың қасиеттері

Болаттың таңбасы	Карбид титаныныңм ассалық үлесі, %	Өңдеуден кейінгі HRC қаттылығы				Беріктік шегі, МПа	
		біріктіру мен	өңдеу мен	шынықт ырумен	демалды румен	иілу кезінде	сығу кезінде
X12M	50	62	47	70	70	1 200	3 1 00
	30	55	31	66	63	1500	2 000
X4H2MB	50	63	54	72	71	1 100	3 600
	30	57	42	66	65	1 400	2 200
X6B3M	30	58	38	68	67	1 230	3 1 00
	10	47	15	57	5 6	1 320	2 5 00
5X6BM2	30	58	37	67	67	1 250	2 900
	10	48	18	56	55	1 350	2 300

бөлшектерді, сондай-ақ жоғары температура мен коррозиялық орталардағы гидроабразивті тозу жағдайында жұмыс істейтін бөлшектерді даярлау үшін қолдануға болады. Матрица ретінде құрал-сайман жасайтын, конструкциялық, коррозияға шыдамды және маска болаттарды қолдануға болады, ол карбидболаттың пайдалану мақсатымен анықталады.

Карбидболаттар құрал-сайман жасайтын болаттардан 12 %, қатты қоспалардан – 50%-ға жеңіл. Карбидболаттар қыздыру кезінде жоғары қаттылыққа, салыстырмалы төмен үйкеліс коэффициентіне, материалдарды өңдеу кезінде жабысқақтыққа тұрақтылыққа, термиялық өңдеу кезінде шағын өзгерістерге ие.

Бақылау сұрақтары

1. Ұнтақты материалдарды қалай алады?
2. Ұнтақ, түйіршік, опа дегеніміз не?
3. Ұнтақ материалдардан жасалатын бұйымдарды жасаудың технологиялық үрдісі қандай амалдардан тұрады?
4. Ұнтақтан жасалған бұйымдар үшін қандай қосымша өңдеу жүргізеді?
5. Темір негізді ұнтақты материалдарды қалай таңбалайды?
6. Ұнтақтардан жасалған мойынтіректер неліктен жақпа материалды қоспастан ұзақ уақыт жұмыс істей алады?
7. Тежегіш түйіндерді даярлау үшін қандай ұнтақты материалдар қолданылады?
8. Ұнтақтардан жасалған сүзгіштердің ерекшелігі неде?
9. Карбидболат дегеніміз не?

МЕТАЛЛ ЕМЕС МАТЕРИАЛДАР

12 ТАРАУ

ПОЛИМЕРЛЕР**12.1. Полимерлер құрамы және құрылымы**

Металл емес материалдар (пластмассалар, резеңке, керамика, шыны, желім, лакты бояулар, ағаш, мата және т.б.) металдарға маңызды құрылымдық материалдар ретінде таптырмас қосымша құрал болып табылады. Керамикадан жасалған ішкі жану двигателдерін сумен салқындатудың қажеті жоқ, сонымен бірге ракетаның үшкірлерін металл емес материалдардан (керамика, графит) жасайды.

Тұрмыста қолданылатын аудио- және видеотехника, компьютерлер, спорт құрал – жабдықтары, автомобиль және өзге де техниканы металл емес материалдардан – пластмассадан, ламинаттан, керамикадан, резеңкеден, шыныдан және т.б. жасайды.

Металл емес материалдардың басты жетістігі – олардың химиялық, физикалық және механикалық қасиеттерінің жоғары болуы мен күрделі құрылымды бұйымдарды шығаруда шығынның аздығы, құнының төмендігі мен оларды жасаудағы жоғары технологиясы арасындағы үйлесімділіктің болуында. Металл емес материалдардан

бұйымдар дайындауға металдармен салыстырғанда еңбек шығыны - 5-6 есе төмен және құны 4-5 есе арзан болады. Осыған байланысты металл емес материалдарды машина жасау, автомобиль құрастыру, авиация, тағам, тоңазытқыш құралдарын шығаруда пайдалану ұлғая түскен. Металл емес материалдардың негізін полимерлер құрайды. Полимерлер деп жоғары молекулалы қосылыстар немесе полимерлер –молекула құрамында өзара химиялық немесе координаттық байланыстармен қосылған жүздеген, мыңдаған атомдары бар және өздеріне тән қасиеттерімен ерекшеленетін заттар тобын атайды. Молекулалары номерлерден тұратын ұзын тізбекті олардың иілгіштігіне ықпал етеді. Мономерлер атомдары бір –бірімен тұрақты ковалентті химиялық байланыспен қосылған. Макромолекулалары арасында физикалық байланыстар әлсіз. Мысалы, этилен C_2H_4 немесе винилхлорид C_2H_3Cl мономерлері қоспасының ковалентті байланыстары үзілгенде, мономер тобынан тізбек құрайды, яғни осыған сәйкес, полиэтилен және поливинилхлорид полимерлері түзіледі.

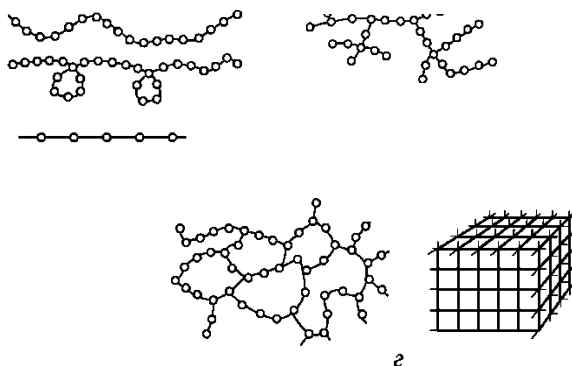
Жоғары молекулалы қосылыстар көбіне молекулалары көп қайталанып отыратын мономерлер тізбегінен тұрады. Олардың ішіндегі ең қарапайымы — полиэтилен, оның мономері —

Полимерлер табиғи және синтетикалық полимерлер деп бөлінеді. Табиғатта кездесетін полимерлерге табиғи каучук, целлюлоза, слюда, асбест, жүн және т.б. жатады. Алайда төмен молекулалы қосылыстардан химиялық синтездеу үрдісімен алынатын синтетикалық полимерлер жетекшілігінде орында болып отыр. Полимерлер құрамы бойынша органикалық, элементарорганикалық және органикалық емес болып бөлінеді.

Органикалық полимерлер қосылыстардың ауқымды бөлігін құрайды және көміртек, сутек, оттегі, азот, күкірт атомдары және галогендерден тұрады. *Элементарорганикалық* қосылыстар негізгі тізбек құрамында жоғарыда аталғандардан басқа кремний, титан, алюминий атомдарынан және өзге де органикалық бөлшектермен үйлесетін өзге де элементтерден тұрады. Табиғатта мұндай қосылыстар жоқ – бұл тек синтетикалық полимерлерге тән қасиет. Мұндай қосылыстардың өкілдері ретінде негізгі тізбегі кремний атомдары мен оттектен тұратын органикалық қосылыстарды айтуға болады. Органикалық емес полимерлерде (силикат шыны, керамика, слюда, асбест және т.б.) көміртек атомдары болмайды. Олардың негізін кремний, алюминий, магний тотығы түзеді.

Осындай қасиеті бар материалдар алу үшін полимерлердің өзін емес, олардың органикалық және органикалық емес қосылыстарын (металлпластар, полимербетон, шыны пластика және т.б.) жиі қолданады.

Полимерлердің қасиеттерінің әр алуандығы олардың құрылымына байланысты. Полимер құрылымдардың мынадай түрлерін атауға болады: сызықтық, сызықтық – тармақталған, сатылық және ірі молекулалық топтарға біріккен кеңістік және арнайы геометриялық құрылымды деп бөлуге болады. (12.1сур).



Сурет 12.1. Полимер құрылымының әр алуан түрі:

a — тізбекті; *b* — тізбекті -тармақты; *c* — сатылық; *d* — кеңістіктік торлы

Тізбекті полимерлер ұзын иректі және бұралған тізбекті шиыршық сым тәрізді (12.1сур,а) болады Олардың макромолекулалары бір тізбек бойымен қайталанған химиялық тізбек түрінде. Тізбек құрылымды полимерлерде макромолекулалардың тізбек бойындағы байланысы мен тізбек арасындағы байланыстарда айырмашылық (химиялық және молекула аралық байланыстарда) бар. Тізбек құрылымды полимерлер макромолекулаларына иілгіштік қасиет тән. Иілгіштік - полимерлер тізбегіне жоғары иілгіштік және қатты жағдайында сынғыштыққа жол бермейтін жаңа қасиетке жеткізетін негізгі қабілеті болып табылады. Тізбекті - тармақ құрылымды полимерлерде негізгі тізбектен басқа жанама тармақтары болады. (12.1сур, б). Тізбек құрылымды полимерлерге полиэтилен, ал тізбекті –тармақ құрылымды полимерлер –полиизобутилин және полипропилен жатады.

Сатылы полимер құрылымының молекуласы (12.1сур, в) химиялық байланыспен қосылған екі тізбектен тұрады. Сатылы полимерлер құрылымы , мысалы, кремний құрамды органикалық полимерлерге жоғары ыстыққа төзімділік, қаттылық, органикалық ерітінділерде ерімеу қасиеттері тән.

Кең торлы полимерлерде (12.1сур, г) макромолекулалар көлденең бағытта өзара қосылғанда тұрақты химиялық байланыс түзеді. Макромолекулалардың бұндай қосылыстарының нәтижесінде тығыздығы әр алуан тор немесе торлы құрылымдар түзіледі.Бұндай полимерлер тізбекті полимерлерге қарағанда, қатты және жылуға төзімділігі жоғары болады. Тор құрылымды полимерлер металл емес материалдардың құрылымдық негізі болып табылады.

Полимерлерді қыздыру кезіндегі күйіне қарай олардың термоиілгіштік және термореактивті деп бөледі. Термопластар қыздыру кезінде жұмсарады және ериді, салқындатқанда – қатаяды. Сонымен бірге еріту процесі кезінде материал химиялық өзгерістерге ұшырамайды, еріген материалды қайта орнына келтіруге болады. Термопластар тізбекті және тізбекті –тармақты құрылымда болады. Молекулалары арасында әлсіз күш бар және химиялық байланыс болмайды. Термопластарға полиэтилен, полистирол, полиамид және т.б. жатады. Термопласт полимерлерден бұйымдарды суы бар салқындатқыш қалыптарға қысыммен құю арқылы, тығыздау, үрлеу, ығыстырып пішіндеу (экструзия) арқылы және өзге де тәсілдермен дайындайды.

Термореактивті полимерлер бастапқыда тізбекті құрылымда болады, қыздыру кезінде жұмсарады, нәтижесінде жүріп жатқан химиялық реакция кеңістік құрылымына еніп, қатты затқа айналады, одан әрі қаттылығы жоғары деңгейде сақталады.

Одан әрі қарай қыздыру оларды жұмсартпайды, оның жайылып кетуіне әкелуі мүмкін. Дайын болған термореактивті полимер ерімейді және балқымайды, сондықтан термопластикадан айырмашылығы - қайталама өңдеуге ұшырамайды. Термореактивті полимерлерге фенолформальдегидті, кремний қосылсты, эпоксидті және өзге қарамайлар жатады.

12.2. Полимерлердің негізгі қасиеттері

Полимерлер қатты және сұйық күйінде (газ күйінде болмайды), кристалдық және морттық, сонымен бірге шыны тәрізді, жоғары иілгіштік, тұтқырлық деформацияланған күйде де болуы мүмкін.

Полимерлер сілтілік және қышқыл шоғырланған ортада жоғары төзімділікке ие. Металдармен салыстырғанда олар электрохимиялық коррозияға ұшырамайды. Молекулалық массасы ұлғайған сайын полимерлердің органикалық негізді еріткіштерде еруі төмендейді. Кеңістік құрылымды полимерлерге органикалық еріткіштер әрекеті әсер етпейді.

Полимерлердің басым бөлігі диэлектрлі болып келеді. Полимерлер магниттік емес заттарға жатады. Қолданыстағы барлық құрылымдық материалдар арасында полимерлердің жылу өткізгіштігі төмен және жылу сыйымдылығы жоғары болады. Полимерлердің жылу отырғызғыштығы металдарға қарағанда 10 -20 есе жоғары. Тығыздау түйіндерінің ауа өткізбеуін жоғалтуының себебі резеңкенің әйнектелуі және металдың кеңею коэффициентінің әр алуандығына байланысты. Полимерлерге олардың құрылымымен тығыз байланысы бар механикалық сипаттардың кең түрі тән болады.

Полимерлердің механикалық қасиеттеріне құрылымдық көрсеткіштерден басқа сыртқы факторлар: температура, жүктеу жиілі мен жылдамдығы, қысым, кернеу күйі, термиялық өңдеу, қоршаған орта сипаты және т.б. ықпал етеді.

Полимерлердің механикалық қасиеттерінің ерекшеліктеріне олардың тығыздығы, бірақ металл материалдармен салыстырғанда қаттылығы төмендігі жатады.

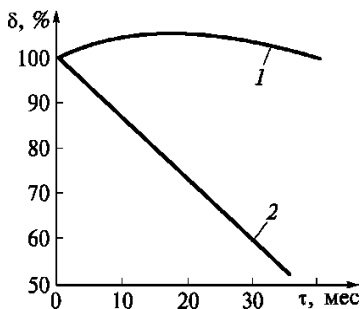
Негізгі полимерлердің сипаттамасы 12.1 кестеде көрсетілген.

Барлық полимерлер белгілі бір мерзім аралығында тозуға, ескіруге ұшырайтыны белгілі. *Полимерлердің ескіруі, тозуы* деп оларға тән техникалық сипаттамалардың пайдаланған және сақталған уақыт аралығында күрделі химиялық және механикалық орнына келтіруге болмайтын өзгеріске ұшырауын айтады.

12.1 кесте. Негізгі полимерлердің қасиеттері

Полимер	γ , г/см ³	E при 20 °С, ГПа	a_B , МПа	K_{1c} при 20°С, МПа • м ^{1/2}	e , %	t_c , °С
Термопластикалық полимерлер						
Тығыздығы төмен полиэтилен	0,92	0,15...0,24	7...17	1...2	90...800	0
Тығыздығы жоғары полиэтилен	0,96	0,55 ...1	20...37	2...5	15... 100	30
Поливинилхлорид	1,39	2,4...3	40...60	2,4	2...30	80
Полипропилен	0,9	1,2 ...1,7	50...70	3,5	10... 700	-20
Полистирол	1,06	3... 3,3	35...68	2	1...2	100
Полиамид	1,14	2...3,5	60...110	3... 5	60	70
Термореактивті полимерлер						
Фенолформальдегидті қарамай	1,4	8	35...55	—	0	—
Полиэстер	—	1,3...4,5	45...85	0,5	0	70
Эпоксидті қарамай	1,6	2,1...5,5	40...85	0,6... 1	0	80

Ескерту, γ — тығыздық; E — серпімділік модулі; σ_B — мерзімдік кедергі; K_{1c} — тұтқырлық; e — толық созылуы; t_c — шынылану температурасы



Сурет 12.2. Поливинилхлоридті пластиктіңсалыстырмалы ұзару атмосфералық тозу ұзақтығының әсер (бастапқы ұзару 1100 % деп қабылданды):
1 — тұрақты күй; 2 —тұрақсыз күй

Полимерлердің тозуына, ескеруіне түскен жарықтар, сәулелер, қыздыру циклінің үнемі ауысуы –салқyndату, оттег және озон әсері және өзге де факторлар ықпал етеді. Полимер тозуын бірнеше қайталанған өзгеріске ұшырату, пішінін өзгерту жылдамдата түседі, ал ылғал оның ескеруіне, тозуына көп ықпал ете қоймайды.

Тозуда қаттылық, нәзіктік, морттық ұлғаяды, иілгіштік жоғалады. Жоғары температурада (200...250°C) термиялық деструкция – заттардың буланып ұшып кетуіне апаратын органикалық полимерлердің ыдырауы жүреді.

Тозудың, ескірудің жылдам өтуіне химиялық байланыстардың бұзылуы мен әлсізденуіне әкелетін кернеудің релаксация процесі өтіп үлгермеуі және механикалық кернеу әрекетінен байқалады.

Резеңкелер ұзақ уақыт бойы тартылған, созылған күйінде жұмыс жасаса, олардың үстінде атмосфералық оттег әсерінен қабатталуға бейім нәзік қабық түзіледі. Полимер материалдардың тозуын тежеу үшін екі түрлі стабилизаторлар: термостабилизаторлар (аминдер, фенолдар) және светостабилизаторлар (мысалы, күйе) қосылады.

Стабилизаторланған полимерлерді пайдалану мерзімі біршама ұзарады (12.2сур). Күйемен тұрақтандырылған полиэтиленнің тозу мерзімі 5 жылдан жоғары болады. Поливинилхлополимеридтен жасалған құбырлар 10—25 жылға шыдам береді.

Бақылау сұрақтары

1. Полимерлерге қандай материалдар жатады?
2. Полимердің құрылымы қандай?
3. Полимер құрылымы оның қасиеті қандай әсерін тигізеді?
4. Полимердің негізгі физикалық –механикалық қасиеттерін атаңыз.
5. Полимердің ескіруі (тозуы) дегенді қалай түсінесіз?

13.1. Пластмассалардың жалпы сипаттамасы

Пластикалық массалар (бұдан әрі— пластмассалар) —негізгі синтетикалық полимерден тұратын, белгілі бір температурада пластикалық икемді күйге және қысыммен керекті пішінге айналатын жасанды материалдар. Пластмассалар тек қана полимерден тұруы мүмкін. Мысалы, кәдімгі органикалық шыны плексиглас - полиметилметакрилат полимерінен тұрады. Пластмассалар қасиеті олардың негізін құрайтын полимерлер қасиеттерімен анықталады. Пластмассалар бірнеше құрамнан тұрады: байланыстырушы заттардан, толтырғыштардан, пластификатордан және т.б. тұрады.

Байланыстырушы заттар полимердің міндетті құрамы болып табылады. Полиэтилен секілді, қарапайым пластмассалар бір ғана байланыстырушы заттан тұрады.

Толтырғыштар ретінде органикалық және органикалық емес қатты материалдар қолданылады. Толтырғыштар пластмассаларға беріктік, қаттылық, жылуға төзімділік, сонымен бірге арнайы қасиеттер береді. Сонымен бірге толтырғыштар пресстеу кезіндегі материалдың шөгуді төмендетеді.

Пластификаторлар полимердің үлкен молекулаларын өзара жылжымалылығын арттырады, пластмассадан бұйымдары сығу арқылы өндіруді жеңілдетеді. Пластификаторлар пластмассаның иілділігін (созылымдығын) арттырады (морттығын азайтады). Пластификаторлар - кіші молекулалы, жоғары температурада қайнайтын, аз ұшатын сұйық заттар (дифенилфталат, хлорпарафин). Пластификатор ретінде күрделі эфирлер, төмен молекулалы полимерлер қолданылады. Пластификаторлар пайдалану кезінде тұрақты болуы керек. Олардың болуы пластмассаның суыққа төзімділігін, отқа төзімділігін ұлғайтады.

Пластмасса құрамына тұрақтандырушылар (стабилизаторлар), тозуға қарсы тұратын заттар, бояғыш заттар кіреді.

Стабилизаторлар пластмассаның ұзақ мерзімге шыдас беруі үшін қажет болады. Жарық стабилизаторлары тотығудан, ал тотығуға қарсы заттар –термототығудан сақтайды. Қатайтушы заттар полимер құрылымын өзгертіп, пластмассаның қасиеттеріне әсер етеді. Полимерленуді жеделдететін қатайту заттары жиі қолданылады. Оларға бірқатар металл тотықтары, уротропин және т.б. жатады.

Арнаулы химиялық қоспаларды әр түрлі мақсатта мысалы, *күшті органикалық улы заттар* — фунгицидтер — пластмассаларды көгеруден, жәндіктердің жеп қоюынан сақтау үшін қосады.

Майлаушы заттар (стеарин, олеин қышқылы) пластмассаның бұйым шығару мен пайдалануда құрал-жабдыққа жабысып қалуының алдын алады.

Бояушылар мен пигменттер пластмассаға қажет рең береді. Пластмассаға мынадай қасиеттер тән:

- *Төменгі тығыздық* (*әдетте* $1...1,8 \text{ г/см}^3$, кей жағдайда $0,02...0,04 \text{ г/см}^3$);
- Коррозияға жоғары деңгейдегі төзімділік. Пластмассалар электрохимиялық коррозияға ұшырамайды, оларға әлсіз қышқылдар мен сілтілер әсер етпейді. Пластмассалар қышқылдар мен сілтілер қоспасының әсеріне төзімді келеді. Пластмассалардың басым бөлігі санитарлық тұрғыдан зиянсыз болады және мынадай қасиеттерге ие:

- Жоғары диэлектрлік қасиеттері бар;
- Кез-келген реңге боялады. Кейбір пластмассалар мөлдір, бірақ оптикалық қасиеттері бойынша шынылардан кейін тұрады;

- Механикалық қасиеттері кең аумақты қамтиды. Таңдалған полимерлердің табиғаты мен пластмасса толтырғыштарына қарай олар берік немесе иілгіш, майысқақ болуы мүмкін. Пластиканың кейбір түрлері беріктігі жағынан шойын мен қоладан артық болады. Массалары бірдей болғанда пластмасса құрылым беріктігі жағынан болатқа сәйкес болуы да мүмкін;

- Шөгуге қарсы қасиеттер. Пластмассалар шөгуге қарсы құймалардың толыққанды орнын баса алады (қалайы баббиттер және т.б.) Мысалы, полиамидті біліктер ұзақ уақыт бойы майлаушы материалдың қоспасын пайдаланбай жұмыс жасай береді.;

- Жоғары жылу өткізбеу қасиеттері. Барлық пластмассалар жылуды нашар өткізеді, ал пено және поропластарда қарапайым пластмассаларға қарағанда жылу өткізгіштік 10 есе төмен;

- Жақсы технологиялық қасиеттер.

Пластмасса бұйымдарды қалдықсыз технология тәсілдерін қолданып дайындайды - құю, пресстеу, вакуумде ұстау тәсілдерін қолданады.

Пластмассалардың кемшілігі жылуға төзімділігінің аз болуында ($100...120 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Қазіргі кезеңде кейбір пластмассалар үшін ең жоғарғы температуралық шектеу $300...400 \text{ }^{\circ}\text{C}$. – дейін көтерілді. Пластмассалар қалыпты төмен температурада (до $-70 \text{ }^{\circ}\text{C}$), ал кейде - криогенді температурадағы шыдас береді. Пластмассалардың тағы бір кемшілігі – беріктігінің төмендігі, тозуға бейімділігі, сырғанақтығы, үлкен статистикалық және динамикалық жүктерге төзімсіздігі. Алайда пластмассалардың артықшылығы кемшіліген басым және жыл сайын олар молынан шығарылуда.

Құрамындағы байланыстырушы заттар сипатына қарай пластмассаларды термопластикалық полимерлер негізінде алынатын термопластикалық және терморекциялық деп бөледі.

13.2. Термопластикалық пластмассалар

Негізін полиэтилен, полипропилен, полистирол, поливинилхлорид, фторопластар құрайтын термопластикалық пластмассалар (термопластар) кеңінен қолданылады (13.1кесте).

13.1кесте Кейбір термопластардың қолдану аясы

Термопласт	Жұмыс температурасының диапазоны °С	Қолдану аясы
Тығыздығы төмен Полиэтилен	-70 ... +70	Орамалар, машиналардың күш түспейтін бөлшек қаптамалар, фольга, жабындар
Тығыздығы жоғары полиэтилен	-70 ... +80	Жоғарыда аталған бұйымдар
Полипропилен	-20 ... +130	құбырлар, автомобиль бөлшектері, тоңазытқыш жабдықтары, ыдыстар
Полистирол	-40 . +65	радиотехника және суретке түсіру құралдары, электр өткізбеуші құралдар,көбікті өткізбейтін материалдар (стиропиан)
Поливинилхлорид	-40 ... +70	Химиялық құралдар, құбырлар, машина бөлшектері, терез рамалары, жасанды тері, еден жабықштары,желдеткіштер
Полиамид	-60 ... +100	Машина бөлшектері, киім,баулар, жіптер
Полиметилметакрилат (стекло органическое)	-60 ... +100	Жарық беруші құралдар, жер беті мен су көліктерінде қолданылатын құралдар
Поликарбонаттар	-100 ... +135	Машина бөлшектері, радио-және электротехника,фотография құралдары.
Политетрафторэтилен (тефлон)	-269 ... +260	Химия, электротехника, машина жасау өнеркәсібінде, криогенді техника

Полиэтилен этиленді полимерлеу нәтижесінде алынған өнім. Полиэтилен қасиеті полимерлеу тәсіліне байланысты. Дайындау тәсіліне қарай полиэтиленді жоғары қысымда (МОСТ 16337—77), полимерлеу нәтижесінде алынатын тығыздығы төмен ($0,918...0,93 \text{ г/см}^3$) және төмен қысымда полимерлеу (МОСТ 16338—85) нәтижесінде алынатын тығыздығы жоғары ($0,946.0,97 \text{ г/см}^3$) полиэтилен деп бөледі. Тығыздығы жоғары полиэтиленнің кристалдық деңгейі 75.95%. Полиэтиленнің тығыздығы мен кристалдану деңгейі жоғары болған сайын оның беріктігі, қаттылығы мен жылуға төзімділігі ұлғаяды. Беріктігі төмен полиэтиленді созғанда ыдырау кернеуі 10.17 МПа, тығыздығы жоғары полиэтиленде — 18.35 МПа құрайды.

Полиэтиленнің диэлектрлік қасиеті жоғары болғандықтан, ылғалды тартып алмайды қышқылдардың, сілтілердің және еріткіштердің әрекетіне химиялық жағынан төзімді, уытты емес, жеңіл қортылады, технологияға бейім (қюға, шөгуге, тозандануға беімделген) және беріктігі жоғары және иілгіштігі үйлесім тапқан. Полиэтилен бағаны жоғары емес. Полиэтиленнің кемшілігі ультракүлгін сәулелер әсерінен ескіруге, тозуға бейімделігі басымдау

Қалыңдығы 0,03.0,3 мм, ені 1400 мм және ұзындығы 30 м болатын (МОСТ 25951—83, МОСТ 20477—86, МОСТ 10354—82) полиэтиленді пленка түрінде, қалыңдығы 1,6 мм және ені 1400 мм болатын табақ түрінде шығарады. Полиэтиленді электр сымдары мен кабельдерді оқшаулауға, тағам өнімдерін орауға, магистральдық мұнай және газ құбырларын коррозиядан қорғауға, шыны орнына пайдалануға, үй жабдықтарына, металдарды коррозиядан қорғауға қолданылады. Полиэтилен құбырлар -60 –қа дейінгі температураға дейін шыдас береді және коррозияға ұшырамайды. Полиэтиленнен біліктер қақпағын, нығыздаушы бұрандалар, желдеткіш және сорғыштар бөлшектерін, гайкалар, тығырықтар, 200 литрге дейінгі сыйымдылықты ыдыстар, қышқылдар мен сілті таситын және сақтайтын ыдыстар дайындайды.

Полипропилен пропиленнің полимері болып табылады. Полиэтиленмен салыстырғанда полипропиленнің беріктігі мен қаттылығы жоғары, жылуға төзімді және тозуға бейімділігі төмен болады. олипропиленді созғанда ыдырау кернеуі 25.40 МПа жетеді. Полипропиленнің кемшілігі оның суыққа төзімділігінің төмен болуында ($-20 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Полипропилен бөлшектерді штамптау, қысыммен құю, пневматикалық және вакуумдық пресстеу арқылы дайындайды, полиэтиленді дәнекерлеуге, металдың, матаның, картонның бетіне шашуға болады. Полипропиленді токарь станогында, тесу станоктарында механикалық өңдеуден өткізуге болады.

Полипропиленді құбырларды, электр өткізбейтін бөлшектерді, коррозияға қарсы сұйықтар сақталатын ыдыстардың қажалуына қарсы тұратын бұйымдар жасауға қолданады.

Полипропиленнен автомобильдердің сыртқы корпустарын, аккумулятор бөлшектері, түткітер, құбырлар, су ағысының арматурасын, қағаздардың қаптарын, конденсаторлары, дыбысты азайтатын жабындылар, тісті дөңгелектер, телевизор, тоңазытқыш, кір жуатын машина бөлшектерін, сымдар мен кабельдерді оқшаулайтын бұйымдар жасайды. Полипропилен өндіруден қалған қалдықтарды қайталама өндіріске пайдаланады.

Полистирол (МОСТ 20282—86) көп қолданылатын және көпшілікке кеңінен танымал пластмасса. Полистирол - қатты, түссіз, аморфты, әр алуан түске жеңіл боялатын полимер. Полистиролдің өзге термопластармен салыстырғанда, суға төзімділігі, тұз, қышқыл және сілті ерітінділеріне химиялық төзімділігі секілді жақсы қасиеті бар. Полистиролдің кемшілігі - ұрып күш түсіргенде нәзіктігі жоғары болады, тозуға бейім, жылу мен суыққа төзімділігі төмендігінде. Полистиролды радио-электр аппаратуралары бөлшектерін, үйге қажетті бұйымдарды, балалар ойыншықтарын, сымдарды оқшаулау түткітерін, электр кабельдерін оқшаулау жабындыларын, ашық ыдыстар, жарық филтрлерін, электр шаң сорғыштарды, жиһаз бөліктерін дайындауға қолданады. Соққыға төзімді полистиролдан (полистирол мен каучуктің механикалық қосындысы) жолаушы вагондарының, автобустар мен самолеттің жолаушылар отыратын бөліктерін қаптауға қолданады. Оларды тоңазытқыштың үлкен бөлшектерін, телефон аппаратының корпусын жасауға пайдаланады. Сонымен бірге тағам өнімдерімен (сүт және сүт өнімдері, шарап, шампан және т.б.) тікелей байланысқа түсетін машиналар мен аппараттардың бөлшектерін жасауға және ыдыстар мен орау құралдарын шығаруға пайдаланады.

Сонымен бірге оларды кеуекті материалдар дайындауға да қолданады. Әр алуан синтетикалық материалдармен қатар газтолтырғыш пластиктер де кеңінен тараған, олар пенопластар мен поропластар деп бөлінеді. Пенопластардың микроскопиялық ұяшықтары газбен толтырылған, өзара байланыссыз, пенопластар тығыздығы $0,3 \text{ г/см}^3$ кем. Поропластар ұяшықтары өзара байланыста, олардың тығыздығы біршама жоғары. Пенопластар мен поропластар полистиролдан, поливинилхлоридтен және эфирлік полимерлерден алынады.

Пенопласты кемелердің астыңғы бөлігіне, жүк тасушы машиналардың фургонын, ет – сүт және балық өнеркәсібінде тоңазытқыш камераларында жылу өткізбейтін қабат ретінде пайдаланады.

Пенополистиролды пресстеу мен пресстеусіз әдістермен эмульсиялық полимерден алынады. Пенополистирол тоңазытқыш пен сауда құрал –жабдықтарын жылу өткізуден қорғауға қолданылады. Тағам өнімдерімен байланысқа түсетін бұйымдарды шығаруға суспензиялық полистирол қолданады. Пенополистиролды пресстеу әдісімен алуда (маркасы ПС-1 и ПС-4) эмульсиялық жұқадисперсті полистирол қолданады, оны кеуек түзетін қосындымен араластырады, пресстейді, содан кейін арнаулы қыздыру камераларында көбектендіреді. Пресстемеу әдісімен суспензиялық стиролдан стиропор деп аталатын пенополистирол алынады. Стиропордың полимерленуін үздіксіз араластыру арқылы 70 °C с температурада өткізеді.

Пенополистирол қатып қалған көбік құрылымды болады, ол ылғалға, минералды ортаға төзімді (азоттық қышқылды ортадан өзге).Пресстемеу әдісімен алынған пенополистиролдың жоғары химиялық төзімділікке ие.Ол биологиялық жағынан да орнықты, шірімейді, кеміргіштер мен зиянды жәндіктер әрекетіне төзімді келеді. Пенополистрдің беріктігі кеуек қабырғаларының көлеміне, пішінін және беріктігіне байланысты болады. Престелмеген пенополистрдің механикалық қасиеттері престелген пенополистрден төмен. Пенополистрдің кемшілігі - оның құрамында жанатын кеуек түзетін, мысалы, изопентанның болуында. Бұл қауіпті антипирен енгізу арқылы азайтуға немесе жоюға болады.

Пенополистиролды термо және дыбыс азайтқыш материал ретінде әр алуан өнеркәсіпте, тағам өнеркәсібінде - тамақ өнімдерін -35...-15 °C температурадп сақтау үшін қолданады. Пенополистрдің жылу өткізгіштігі ауаның жылу өткізгіштігіне жақын. Жаксы жетілген амортизациялау қасиеттері мен тығыздығының төмендігіне байланысты пенополистиролды орау материалдары ретінде пайдаланады. Мипора пенопластын эмульсиялық карбамидоформальдегидты олигомерлер негізінде дайындайды.

Мипораның тығыздығы өте аз (0,02 г/см³ артық емес),қысым түсіргендегі ыдырау кернеуі 2,25 МПа болады. Мипораның жылу өткізгіштік коэффициенті ауаның жылу өткізгіштігіне пара пар және 0,023 Вт/(м • К) тең. Мипора тығынан 10 есе жеңіл, жанбайды, отқа төзімді. Отқа оранған мипора көмірленеді, бірақ жанбайды. Мипорадағы газ толтырылған ұяшықтар өзара байланыссыз болуы оларды жылуды өткізбейтін материал ретінде пайдалануға мүмкіндік береді.Мипораның кемшілігі оның нәзіктігі мен суды көп жұтатындығында болып отыр. Оның сынғыштығын азайту үшін мипораға глицерин қосады, бірақ бұл да көп жағдайда жаксы нәтиже бере бермейді. Мипораны су өтуден су өткізбейтін қабығы қорғайды.

Соңғы кездерде өнеркәсіпке тығыздық үлесі жоғарылату мақсатында тығыздығындаға кемшіліктер беріктігімен ұлғайтылған армирленген газтолтырылған пластмассалар кеңінен қолданылуда.

Газтолтырылған пластмассаларды металл жабындымен немесе беріктігі жоғары газтолтырылған пластмассалармен армирленеді.

(ГОСТ 5960—72, ГОСТ 9639-71, ГОСТ 9998—86, ГОСТ 16214—86, ГОСТ 16272—79) поливинилхлорид негізді пластмассалардың электрокшаулау қасиеттері жақсы, химикаттар әсеріне төзімді, жанбайды, ауаға, суға, майға және бензинге төзімді. Поливинилхлоридтің тағы бір түрі –*винипласт* деп аталады. Винипласттардың механикалық беріктігі жоғары және серпімді, бірақ салыстырмалы алғанда пластикасы аз. Винипластар барлық минералдық қышқылдарға, сілтілерге және тұз ерітінділеріне төзімді.

Олардың кемшіліктері сырғымалы, төмен тұтқырлық, жылуға төзімділігітөмен, температураға тәуелдігінде. Винипластты жалпақ пішінде, тұткішелер, шыбық түрінде шығарады. Винипласт бөлшектер механикалық жолмен жақсы өңделеді, жақсы дәнекерленеді. Олардан су тасу ыдыстарын, сұйықтар мен газ таситын құбырларды, коррозияға төзімді ыдыстар, желдеткіш құрылымдарының бөлшектерін, шлангтер, металл ыдыстарды қорғайтын қорғаныс жабындылар жасайды. Поливинилхлоридтен пенопласт, линолеум, жасанды тері, көлемді ыдыстар, машина жасау өнеркәсібінде тербелісті жұтатын материалдар, көліктерге, су құбыларын, тығындар дайындалады.

Фторопласттар (ГОСТ 21000—81, ГОСТ 10007—80, ГОСТ 14906— 77, ГОСТ 25428—82) — этилен қатарына жататын полимерлер. Фторопласттар созылғанда беріктігі 15...35 МПа, майысқанда беріктігі 10.15 МПа; ыдырағанда салыстырмалы ұзындығы 250.350 %. Фторопласттың кең таралған түрі фторопласт -4 немесе политетрафторэтилен (тефлон). Фторопласт-4 тығыздығы жоғары ($2,1.2,3 \text{ г/см}^3$), жылу мен суыққа төзімді болады. Оның жұқа қабығы (пленкасы) сұйық желеде қатаймайды.

Фторопласт-4 диэлектрлік қасиеті жоғары және коррозияға төзімділігі де жоғары болады. Фторопласт-4 химиялық төзімділігі жағынан барлық танымал материалдардан басымдық көрсетеді, ол барлық минералдық және органикалық сілтілерге, қышқылдарға, органикалық еріткіштерге төзімді, суда ісінбейді, сұйықтармен, тұтқыр заттармен, қамырмен, ір алуан қайнатпаларда еріп кетпейді.

260 °C температурада фторопласт-4 өрт қауіпін туғызбайды, жанбайды, адам организміне әсер етпейді, тек өртке оранған сілті металдар мен фтор ісерінен ыдырауы мүмкін. Фторопласт-4 үйкелісі төмен болғандықтан, машина біліктерін жасауға қолданылады. Біліктердің тозуын тежеу үшін фторопластқа 15...30 % толтырғыш (графит, дисульфит молибдена, стеклянное волокно және т.б.) қосады.

Фторопласттар электротехника және радиотехника өнеркәсібінде химиялық жағынан төзімді құбырлар, көтергіш крандар, сорғыштар, біліктер, медицина техникасын, суық пен жылуға төзімді құралдар, құрал – жабдықтардың сыртына қаптамалар шығаруға пайдаланылады.

Полиамидтер (МОСТ 10589—87, МОСТ 17648—83) құрамына танымал термопласт пластмассалар (наилон, капрог және т.б.) енеді. Қарастырылып отырған полиамидтердің созылғандағы (400 МПа) беріктігі жоғарылығымен, соққыға төзімділігімен, тербелістен түсетін күштерді жұтып қоятындығымен сипатталады. Полиамидтер үйкелу коэффициенті төмен және майлау материалдарын қоспай біліктер жасауға қолдануға болады. Полиамидтерді конструкциялық және электр оқшаулау бұйымдарын, тығыздау құрылымдарын, сырғанау біліктерін, сілті, қышқыл, маймен әсерлесуде төзімді техникалық бұйымдар, мәдени-тұрмыстық және металды қаптайтын бұйымдар шығаруға пайдаланылады.

Полиуретандар — өнеркәсіпте кеңінен қолданылатын құнды термопластар. Полиуретандар беріктігімен, тозуға төзімді, үйкелу коэффициенті жоғары, май мен бензин әсеріне төзімділігімен сипатталады. Полиуретаннан жасалған бұйымдардың температура -70 °C-ге дейін төмендегенше пайдалана беруге болады. Полиуретан талшықтарының химиялық төзімділігі жоғары. Оларды оқшаулау түтіктерін, парашюттар матасына пайдаланады.

Органикалық шыны (плексиглас) (МОСТ 9784—75, МОСТ 15809—70, МОСТ 17622—72) метакрил қышқылының күрделі эфирлерін полимерлеу арқылы алады. Әдетте полиметилметакрилатты пайдаланады. Бұл термопласт мөлдір түсті (жарық тазалығы 92 % ға дейін), тығыздығы төмен, атмосфераға төзімді, Әр алуан қосынды қышқылдар мен сілтілердің, көмірсутек отыны мен майлау материалдарының әсеріне төзімділігі жоғары. Органикалық шынының қалыңдығы 25 мм –ге дейін болады. оның кемшілігі – бетінің беріктігі өте төмен болады.

Поликарбонат - дифениолпропан мен фосген негізін құрайтын термопласт, оны «дифлон» деген атпен шығарады. Поликарбонаттардың су сіңіру қасиеті төмен, жақсы диэлектрлік қасиеті бар, иісі мен дәмі жоқ, физиологиялық жағынан зиянсыз, түссіз, жақсы боялады. 120 °С. дейін қыздырғанда тотықтырғыштар әрекетінен болатын өзгерістерге төзімді. Поликарбонат — металдың орнына қолдануға болатын соққыға төзімді термопласттарды конструкциялық материал ретінде қолданылады. Поликарбонаттан көлемді ыдыстар, машина біліктерін, қақпақтар, жеміс шырындарын, сүт және шарап таситын ыдыстар жасайды. Оны сұйық газдар ортасында жұмысқа пайдалануға да болады.

Поликарбонаттың физикалық –механикалық қасиеттері оларға армирлеуші талшықтар енгізгенде жақсара түседі. Мысалы, поликарбонатқа шыны талшықтарын енгізгенде (30 %дейін) оның серпімділік модулі тартылғанда 3 есе ұлғаяды, Бринелль бойынша беріктігі 1,5 есе ұлғаяды. Материалдың жылуға төзімділігі де ұлғаяды, Ал ТСКК 3 есе азаяды, материалдың шөгуі 2есе төмендейді. Армирленген эстеран түріндегі поликарбонаттар машина бөлшектерін, мысалы, тербеліс біліктерін, жұдырықша біліктерді жасауға қолданылады. Армирленген поликарбонаттар -200...+110 °С температура аясында өз қасиеттерін сақтайды және пайдалану мерзімі де сенімді болады.

Ресейде шынымен толтырылған поликарбонаттан басқа, шыны талшықтарымен толтырылған полистиролдар мен өзге де термопластар кеңінен қолданысқа енген. Шыны талшықтарымен толтырылған термопластардың механикалық қасиеттері жоғары және жоғары температурада бұйымның пішіні өзгермеуін қамтамасыз ете алады. Мұндай термопластарды шығару жыл сайын 25,30 пайызға ұлғайып отыр. Оларды өнеркәсіпте электрондық және электротехникалық бөлшектер, автомобиль, тігін өнеркәсібінің бұйымдарын шығаруға пайдаланады.

Төменгі температуралы техникада полиэтиленнен, полистиролдан, фторопластан, полиамидтен және өзге де полимерлердің термопластары кеңінен қолданылады.

13.2. Термореактивті пластмассалар

Кез-келген термореактивті пластмассаның негізін химиялық байланыстырушы - қатты термореактивті қарамай құрайды. термореактивная смола —

Сонымен бірге, реактопластың толтырғыштар. Пластификаторлар, қатайтушылар, жылдамдатушылар немесе олардырушылар мен еріткіштер кіреді. Толықтырғыштар ральк, графит, ретінде ұнтақтарды, талшықты және иілгіш жалпақ материалдары алынады. Ұнтақ толтырғыштар қатарына ұнтақталған кварц, ағаш ұны, целлюлоза жатады. Пластмасса ұнтақты толтырғыштарға *фенопласт пен аминопластар* (МОСТ 9359— 80). жатады. Олардан күш түспейтін құрылымдық және электроқшаулау бөлшектерін (ұстағыштар, бұйым бөлшектерін, әр алуан жинақ және бақылауға бейімделген бұйымдарды жасайды.

Орнықтырылған феноформальдегидті кара майларды көбінесе *бакелиттер* деп атайды.Мұндай пластмассаларды металл өңдейтін механикалық құралдармен де өңдей беруге болады. Бакелит отқа жанбайды және оттан шығарған бойда бірден өшіп қалады. Жанып жатқан бакелиттің түсі толтырғыш түріне қарай оттың түсіне ұқсас болады.Оттан алынған қалдығы қатты, ісінген, жарылған пішінде болады. Жану кезінде өзіне тән иісі бар фенол мен формальдегид бөлінеді. Бакелит қосылған қышқылдар мен сілтілер, сонымен бірге органикалық еріткіштердің басым бөлігінің әсеріне төзімді болады. Жарылған бакелит бұйымдарды желімдеу үшін нитроцеллюлозды желім мен сұйық фенольдық қарамайды қолдануға болады.Бакелиттен

Түймелер, құл сауыттарын, электротехникалық бұйымдар, телефон аппаратарының қораптарын, кір жуатын машина бөлшектерін, қорғаныс бас киімдерін, аккумулятор қораптарын, желімдер жасайды.

Аминопластарға карбамидоформальдегидтер мен меламиноформальдегидті қарамайлар жатады.

Орнықтырылған аминопласттар қатты және берік болып келеді. Оларды метал өңдейтін құралдармен өңдеуге болады, электроқшаулау қасиетіне ие, жеңіл боялады. Жылуга төзімділігі шамамен 100... 120°C. Оны отқа салса, 1 минуттен кейін жана бастайды. Оттан шығарылса, бірден сөнбейді, баяу жана береді (ондағы толтырғыш жанады, қарамайдың өзі жанбайды).

Жайоның аминопласттар судың, қышқылдардың (оның ішінде күкірт пен азоттың), сілтілер мен органикалық еріткіштердің әсеріне төзімді болып келеді. Бұндай аминопласттарды желімдеу үшін фенолформальдегидті және карбамидоформальдегидті желімдерді пайдалуға болады. Аминопласттардан ағаш желімдерін, электротехникалық бөлшектер, пеш лактарын, көбік материалдар дайындайды.

Талшық толтырылған реактопластар байланыстырушы заттардан (қарамай) және мақта талшықтарына ұқсас толтырғыштардан (талшықтардан), асбесттен (асбогалшықтар), шыны талшықтардан тұратын құрама.

Талшықтарды соққыға төтеп беретін бұрау мен майыстыруға ыңғайлы төзімділігі жоғары тығындар, ауыр дөңгелектер, тегершіктер шығаруға қолданады.

Асбоволокниттер тежегіштік қасиеті және жылуға төзімділігі жоғары, бірақ суға төзімділігі мен диэлектрлік өткізгіштігі жағынан ұнтақ толтырғыштардан қалыс қалады.

Шыны талшықтардың кейбір түрлерін машина жасауда электротехникалық бөлшектер жасау үшін, ірі көлемді қарпайым қалыптар, қораптар (автомобиль кузовы, қайықтар, құрал – жабдықтардың сыртқы корпусарын) шығаруға пайдаланады.

Шыныталшықтарды физикалық –механикалық қасиеттері жоғары болуына байланысты дәлдігі мен күрделілігі жоғары болатын бөлшектер дайындауға қолданады. Шыныталшықтардың жұмыс температурасының аумағы $-60... +200\text{ }^{\circ}\text{C}$, олардың беріктігі 80.500 МПа аралығында болады.

Шыныталшықтарды байланыстырушы заттар ретінде полиэстерлі және эпоксидті қарамайлар қолданылады. Шыны талшықтарымен нығайтылған полиэстрлерден құтқару қайықтарын, автомобиль бөлшектерін, жихаз бөлшектерін, ұшақ қораптарын, үй төбесінің плиталарын, лампа поафондарын, антенна сымдары, шаңғылар, қармақтар, қорғаушы каскалар дайындайды.

Полиэстрлерді сұйық қарамай ретінде электронды аппаратураның бөліктеріне құюға, лактар дайындауға пайдаланады.

Эпоксидті қарамайдың ерекше қасиеті барлық пластмасалар мен металдарға жабыса береді, механикалық және электрлік қасиеттері де жоғары.

Нығайтылған эпидиандардың термотөзімділігі нығайтылу түріне қарай $55.120\text{ }^{\circ}\text{C}$ шамасында, ал жүктемесіз $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ден асады. Нығайтылған эпоксидті қарамай полиэстролды ламинат секілді жануы қиын, ол түтіндей береді.

Эпоксидті қарамайдың полиэстрден айырмашлығы - жану кезінде иісі қатты шығады. Эпоксидті қарамай лактар, желімдер, сонымен бірге ламинаттар шығаруға қолданылады.

Реактопластардың басым бөлігін қабаттап салынған толтырғыштардан тұратын қатпарлы пластмассалар құрайды. Қатпарлы пластиктерге органикалық (қағаз, мақта қағаз маталар, ағаш шпондары, синтетикалық талшықтар) және органикалық емес (әк қағазы, шыны жіптері, кварц және кремний талшықтары) материалдарды толтырғыштар ретінде қолданады.

Толтырғыштардың түріне қарай қатпарлы пластиктердің гетинакс, тексолит, шыныгетсолит, ағаш –қатпарлы пластиктер дене түрлерін ажыратуға болады. Қатпарлы пластиктер шығаруда байланыстырушы заттар ретінде фенолформальдегидтер, эпоксидті, кремний құрамды органикалық және өзге де қарамайлар алынады. Қатпарлы пластиктердің қасиеттері толтырғыштар мен байланыстырушы заттардың қатынасына, толтырғыштарды дайындау сипатына, пресстеу режиміне және термиялық өңдеу және өзге де технологиялық факторларға байланысты болады. Армирлеуші толтырғыштардың қатпарлы орналасуына байланысты қатпарлы пластиктер анизотропиялық механикалық, физикалық және диэлектрлік қасиеттерге ие болады. Қатпарлы пластиктердің механикалық қасиеттері пайдаланылатын толтырғыштар түрімен анықталады. Шыны маталар немесе шыны баулардан жасалған қатпарлы пластиктердің механикалық беріктігі жоғары болады. бұл материалдар, сонымен бірге әк талшықтарымен толтырылған қатпарлы пластиктер органикалық толтырғыштар негізінде жасалған жылуға төзімді пластиктермен салыстырғанда жылуға төзімділігі өте жоғары болады.

Гетанакс (МОСТ 2718—74) – негізі қағаздан құралатын пластик – электр оқшаулаушы материалдар ретінде -65...+105°C температурада ұзақ уақыт бойы жұмыс жасай беретін конструкциялық және сәндік материал ретінде қолданады. Гетаниктер электр машиналарына, трансформаторларға, телефон аппараттарына, радиотехникаға қолданылады. Тығындар, қақпақтар, тығырықтар, күш аз түсетін бұйымдар дайындайды.

Ағашты –қатпарлы пластиктерден (ДСП) жихаз, жолаушы поездарының, кемелердің, ұшақтардың сыртын қаптауға, құрылыстарда сыртқы қаптамалар ретінде қолданылады. ДСП плиталар, престелген ағаш шпондар полимерлі байланыстыруғы заттармен қанықтырылған пішінде шығарылады. ДСП шығаруда қайың немесе шамшат ағаштарын, байланыстырушы заттар ретінде олигомердің сулы –спиртті ерітінділері пайдаланылады.

Ағашты -қатпарлы пластиктерді қабаттарындағы тығын талшықтарының бағытына қарай ДСП –А, ДСП –Б, ДСП –В деп таңбалайды ДСП-А пластиктерінде параллель орналасқан (тығыздаушы талшықтар бір қабат сайын 20.250-та бұрылып кезектесіп отырады).

ДСП-Б –да қабаттар араласып орналасқан. Әрбір 5 — 20 қабат сайын параллель орналасқан қабатпен бірге 900-қа бұрылған қабат салынады.

ДСП –В –да қабаттар жұлдызша түрінде орналасады, мұнда көршілес қабаттар талшықтары 30° – та жылжып кетеді.

Бойлық бағытта ең жоғары беріктікке ($\sigma_b = 280$ МПа) ДСП –А ие. ДСП –Б таңбалы пластик өзара перпендикуляр бағытта бірдей болатын (140 МПа) беріктікке ие. Мақта –мата негізді пластиктер –текстолиттер (МОСТ 2910-74)

Пластиктер - конструкциялық бөлшектер, электр оқшаулаушы материалдар, прокаттау біліктерінің сыналарын, тығындар, саңылаусыз (герметикалық) сауыттар жасауға қолданылады. Текстолиттен жасалған бөлшектер ауада, майда, керосин және бензинды ортада қолданыла береді. Текстолиттерді жалпақ табақша, плиталар, түтікшеллер түрінде шығарады.

Стеклотекстолиттер (шынытекстолиттер) (МОСТ 10292—74, МОСТ 12652—74) деп шыны талшықты материалдар негізінде жасалған называют слоистые пластики на основе тканых стекловолоконистых мпластиктерді айтады. Стеклопластиктер жылу мен суыққа төзімді, қышқылар мен өзге де химиялық белсенді реагенттер әсеріне төзімдігімен сипатталды. Стеклопластиктерден ірі көлемді бұйымдар, радиотехника және электр оқшаулау бөлшектерін дайындауда 200^0 С температурада ұзақ мерзімге, қысқа мезімдік 250^0 С жұмыс жасай беретін пластиктер қатарына жатады.

Стеклопластиктер техниканың әр алуан саласында қолданылатын конструкциялық материалдар (олардан темір жол вагондары, машина қораптары, қайықтың, кемелердің қаптамалары, қораптары) жасалады.

13.2 кестеде кейбір реактопластардың қолдану аясы мен қасиеттері келтірілген. Төтенше жағдайларда жұмыс жасау үшін стеклопластиктерден эпоксидті қарамайдан тұратын беріктігі жоғары құрылымдар және әр алуан түрде тоқылған жоғары модульді шыны талшықтар қолданылады.

Суыққа төзімді стеклопластиктерді шығаруда армирлеуші материал ретінде диаметрі 6... 7 мм болатын механикалық беріктігі мен тығыздығы жоғары, адгезиялық қасиеті жоғары және тығыздығы аз, сілтісіз алюминий борлы силикат шыныларды пайдаланады.

Шыны қаңқаға байланыстырушы заттар сіңеді және қатқаннан кейін өнімнің монолиттігін қамтамасыз ететін жеке талшықтар мен толтырғыштар қабаты өзара желімденіп қалады. Стеклопластиктердің физикалық –механикалық қасиеттерінің жоғары болуы шыны талшықтар мен полимерлі байланыстырушы заттар арасындағы берік ілінісуге (жабысуға) байланысты.

Эпоксидті қарамайлардың шыны талшықтарға адгезиясы жоғары және қатқан кездегі шөгуі аз болғандықтан, криогенді жағдайларда монолитігін сақтайды.

Стеклопластиктерді ғарыш –космос техникасын жасауға кеңінен пайдаланады. Беріктігі жоғары стеклопластиктерді - эпоксидті қарамай мен шыны – сұйық сутектерге төзімді болғандықтан, олардан от жағу бөшекелерін дайындайды. Стеклопластик құбырлар жылууды оқшаулау мен коррозияға төзімділік қасиеттеріне қарай таптырмас құрал болып саналады.

13.2 кесте. Реактопластардың қасиеттері мен қолану аясы

Пластмассалар түрі	тығыздығы г/см ³	Созылғандығы МПа	Жұмыс температурасы диапазоны °C	Қолданылу аясы Об
Фенопласт	1,7	30	-60 ... +140	Күш аз түсетін бөлшектер, электр оқшаулау бұйымдар, сыртқы қораптар
Аминопласт	1,8	80	-60 ... +130	Жарық беруші аппаратураның бөшектері, электр техника мен оқшаулау, тұрмысқа қажетті бұйымдар
Волокнит	1,6	50	-60 ... +200	Шкивтер, тығындар, маховиктер, диск, қораптар, үйкеліске төзетін бөлшектер
Текстолит	1,3	95	-40 ... +160	Тісті доңғалақтар, сырғанау біліктері, конструкциялық және электр оқшаулау құралдары
Асбо-текстолит	1,6	90	-60 ... +250	Тежегіш және дыбыс азайтатын құрылымдар, бензин сорғыштардың қалақтары, жылу және жылу қорғау құралдарының бөлшектері

Бақылау сұрақтары

1. Пластмассалар неден тұрады?
2. Пластмассалардың негізгі кемшіліктері қандай?
3. Термопласт деген не?
4. Реактопласттар қыздырғанда қандай күйге ұшырайды?
5. Термопласттардың негізгі түрлерін атаңыз.

РЕЗЕҢКЕЛЕР**14.1. Жалпы мәліметтер**

Резеңке техникалық бұйымдарды каучук пен күкірт және өзге де қоспалар болып табылатын шикі резеңкелердің пресстелген бөлшектерін арнайы термиялық өңдеу (вулканизациялау) арқылы алады.

Резеңке негіз (каучуктен) толтырғыштардан (кож, кремний тотығы, бор, барит, тальк), жұсартқыштан (канифоль, вазелин), ескіруге қарсы (парафин, балауыз), вулканизациялау заттар (күкірт, цинк тотығы) және бояғыштар қоспасынан тұрады.

Резеңкеге иілгіштік қасиет беретін басты құрамдас бөлігі каучук болып табылады. Каучуктер табиғи және синтетикалық болып бөлінеді. Табиғи каучукты Бразилияда, Оңтүстік -Шығыс Азияда, Малай архипелагында өсетін каучугы бар ағаштардың сөлінен алынады.

Синтетикалық каучуктарды ((канықпаған көмірсутектері бутадиен, бутадиен етирол, хлорпрен, т.б.) полимерлау әдістерімен алынады. Алғаш рет бутадиенді каучуктың синтезін 1921 жылы орыс ғалымы С. В. Лебедев этиль спиртін полимерлеу әдісімен жүзеге асырды. Синтетикалық каучукты арзан шикізаттан, мысалы мұнай мен ацетиленнен, алудың әдістері жасалды.

Каучуктаер тізбекті құрылымды полимерлер және вулканизациялауда иілгіштігі жоғары торлары сирек материал –резеңкеге айналады.

Вулканизациялау қоспалары ретінде күкірт пен өзге де заттар алынады.

Вулкандаушы заттардың құрамы ұлғайған сайын резеңкенің торлы құрылымы жиілене түседі және иілгіштігі азаяды. Күкіртпен әбден қанықтырылған кезде (30...50 %) қатты резеңке (эбонит), 10.15% күкіртпен қанықтырылғанда жартылай қатты резеңке алынады. Әдетте резеңке құрамында 5.8 % күкірт болады. Вулканизациялауды жеделдетету мақсатында мырыш тотығын қосады.

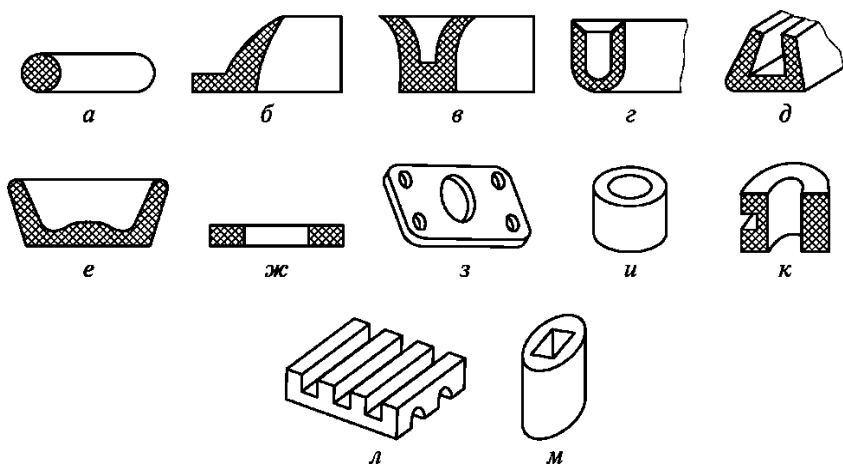
Вулканизациялаушы қоспаларды енгізу резеңкеге тән қасиеттерге біршама өзгерістер береді, олардың тозу, суыққа төзу, май мен бензинге төзімділік қасиеттерін ұлғайтады. Резеңке бұйымдарды матамен және металл тормен армирлейді. Металл арматуралардың резеңкемен адгезиясын жақсарту үшін металл бетін желімдейді.

14.2. Резеңкелер мен каучуктың негізгі қасиеттері

Резеңкелердің иілгіштік қасиеті, беріктігі және жыртылуға қарсылығы жоғары болады. Сонымен бірге резеңкеның тығыздығы аз, үйкеліске төзімді, химиялық, электр оқшаулау қасиеттері де жоғары деңгейде. Резеңке мен каучуктың негізгі түрлері 14.1 кестеде келтірілген.

Резеңке материалдардың химиялық, физикалық және механикалық қасиеттері оларды амортизациялау, тығыздау, герметизациялау, машина бөлшектерін химиялық қорғау, май мен жанар – жағармайларды сақтау ыдыстарын, әр алуан түтік құбырлар, көлік құралдарына сыртқы резеңке дөңгелектер, сәндік бұйымдар жасауға қолданады. Резеңке бұйымдардың атаулардың әр алуан. Резеңке бұйымдарды пайдалану ретіне қарай жалпы және арнайы қолданылатын резеңкелер деп бөледі.

Жалпы пайдаланатын резеңкелерді белдік, доңғалақ табанының шиналарын, көлік бауларын, кабель және сымдар, тұрмыстық заттар шығаруға қолданады. Арнаулы резеңкелерді бензинге, майға, суыққа, жылуға, өзге де ортаға төзімді деп бірнеше түрге бөледі. Арнаулы резеңкелердің ең төменгі жұмыс температурасы -80°C , ал жалпы резеңкелер 50°C -қа дейінгі температурада.



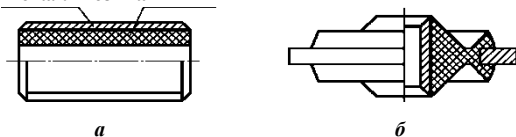
Сурет 14.1. Резеңке бөлшектердің алуан түрлері:

а—д —тығыздалған көрінісі; е —манжет тоғтстағаншасы; ж—л — тығыздалған тығындар
ные прокладки; м — втулка

14.1 кесте. Резеңкелердің негізгі түрлері және каучук сипаттамалары

Резеңке үлгілері	Каучук түрі	Тығыздығы, г/см ³	Тығыздық шектеуі, МПа	Салыстырмалы ұзаруы, %	Ажыраудан кейінгі ұзаруы, %	Жұмыс температурасының диапазоны, °С
Жалпы бағыттағы	Табиғи (НК)	0,91	29	650	32	-50...+130
	Бутадиенді синтетикалық (СКБ)	0,91	17	470	60	-50...+150
	Изопренді синтетикалық (СКИ)	0,91	30	700	28	-50...+130
Арнаулы бағыттағы :						
Бензин майға төзімді	Бутадиен-нитрильді (СКН)	0,96	26	600	20	-40...+170
Жылуға төзімді	Силоксанды (СКТ)	1,85	6	250	4	-70...+300
Жылу –химиялық төзімді	Фторкаучук (СКФ)	1,85	17	200	8	-40...+300
Суыққа төзімді		0,94	31			-80...+130
	Бутадиен-метилстирольді (СКМС) и бутадиен- стирольді (СКС)			800	16	

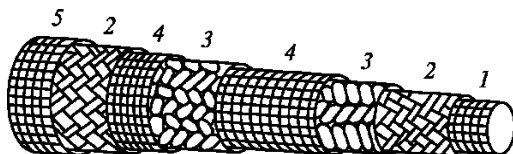
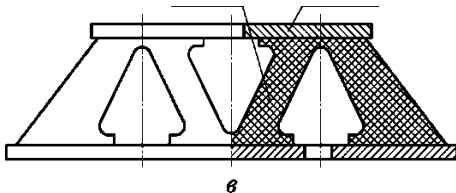
Металл Резина



Сурет. 14.2. Резиналы металл бөлшектер:

a — подшипник(тірек); *б* — пластина амортизатор; в — амортизатор «ферма»

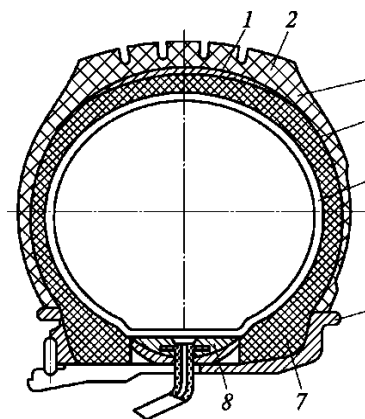
Резина Металл



Сурет 14.3. Металл орамасы

бар жоғары қысымды құрылым:

1 — ішкі резеңке қабат; 2 — мақта –мата орама; 3 — металл орама; 4 — резеңке қабат; 5 — сыртқы резеңке қабат



. Сурет 14.4. Камералық

пневматикалық шина кесіндісі:

1 — брекер; 2 — протектор; 3 — каркас; 4 — резинокорд-ты қаппак; 5 — резеңке қаппак; 6 — тоғын; 7 — борт; 8 — тоғын орамасы

14.1 — 14.4 суреттерде бірқатар резеңке және резеңке –металл бұйымдар көрсетілген.

Бақылау сұрақтары

1. Резеңке құрамын атаңыз.
2. Резеңкені қалай жіктеу қабылданған?
3. Резеңкенің құрылымы қандай?
4. Вулканизациялаушы қоспалар резеңке қасиеттеріне қалай әсер етеді?
5. Резеңкенің негізгі қасиеттері бар?
6. Резеңкеден қандай бұйымдар жасалады?

ЖЕЛІМДЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ**15.1. Желімдеуші материалдардың жалпы сипаттамасы**

Желімдеулер деп полимерлер негізде қатайған кезде ір алуан материалдарға жабысқыш берік қабықтар түзетін күрделі заттарды айтады. Өз қосылыстар түрлерімен салыстырғанда (дәнекерлеу, жаму, механикалық бекіту) желімдеу қосылыстарының артқышлықтары бар. Желімдер әр алуан текті материалдарды (металл, керамика, пластмасса, ағаш) қосуға мүмкіндік береді. Желім тігістері атмосфераға төзімді, коррозияға ұшырамайды, қосылыстарда саңылау қалмауын қамтамасыз етеді. Құрылымның салмағы желімдеу кезінде ұлғаймайды, біліктердің, жамаулардың, шегелердің тесіктері қалып кетпейді. Көптеген жағдайларда металл және металл емес материалдарды желімдеп қосу құрылымның беріктігін сақтаудың бірден бір жолы болып есептеледі. Желімдер қосылыстардың беріктігін сақтай отырып, жоғары және төмен температураларға шыдамды болады. Желімдік қосылыстардың кемшілігі – салыстырмалы түрде алғанда ұзақ уақыт пайдаланғанда жылуға төзімділігі төмендейді және күш түсікенде ажырап кетуге бейімділігі.

Желім қосылыстардың жұмыс қабілеттілігі адгезия және когезия үрдістеріне тәуелді. Адгезия желім қабығының желімделетін бетпен ілінісуінің (жабысу) беріктігін, ал когезия желім қабатының өзінің беріктігін көрсетеді.

15.2. Желімдеуші материалдардың құрамы және қасиеттері

Желімдер дайындау үшін термопластты және термореактивті полимерлер қолданады. Термопласт полимерлер негізді желімдер берік қосылыстар береді, шектеулі пайдаланылады және әдетте бұндай желімдерді жылу әсеріне ұшырамайтын (қағаз, мата) материалдарды желімдеуге қолданылады. Температураны жоғарылған кезде желім қабаты жұмсарып, желімдеген беттер ыдырап кетеді. Термореактивті полимерлер негізді желімдерде қатайтқыштар мен қатаю процесін жеделдететін заттар болғандықтан, беріктігі басым қосылыстар береді. Бұл топтағы желімдер суықтай және ыстық күйінде қататын желімдер болып бөлінеді.

Суықтай қататын желімдында дер желімдеу қатайтындар мен қатаюды жеделдететіндермен араласады. Ыстықтай қатайтын желімдер дайындаушы –зауытарда дайындалып, тұтынушыға дайын күйінде жеткізіледі және бірнеше айға дейін сақталады.

Термореактивті қарамай құрамды желімдер тобына фенолформальдегид желімдер жатады. Олардың құрамында жеделдету процесін жасаушылар болса (сульфоконтакт), бұл желімдер бөлме температурасында бірнеше сағат ішінде қатып қалады (Б-3, Ф-9 және т.б. желімдер).

Қалыпты ылғалды жағдайда жұмыс істейтін ағаш бұйымдарды желімдеу үшін мочевиноформальдегид қарамадың судағы ерітіндісінен жасалған желімді, мысалы КМ -12 желімін пайдаланады. Бұл суықта қататын желімдерде жеделдеткіш ретінде аммоний хлоридін және мырыш хлоридін, сонымен бірге әлсіз органикалық қышқылдарды пайдаланады. Фенолформальдегидті желім қосылыстары суға төзімді. Фенолформальдегидті қарамай негізінде әмбебап желімдердің бірнеше түрі жасалған. олардың қатарына мына желімдер кіреді: БФ желімі (фенолформальдегидті қарамай, бутвармен түрлендірілген), ВК -32 –ЭМ (фенольформальдегид пен эпоксидті қарамайдың өзара әрекеінің өнімі), ВК -32-200 (фенолформальдегидті қарамай және синтетикалық каучук); ВС -350 (фенолформальдегидті қарамай, полиацеталь, полисиликон) және басқалар.

Жоғырада аталған желімдер арасында 140... 150 °С температураға дейін желімдеуі берік болатын желім фенолформальдегид –эпоксидті желімі қамтамасыз етеді. ВК-32-250, ВС-350 желімдері беріктікті қамтамасыз етуден жетекші орындардағы желімдер. Мұндай қосылыстар 250...300°C температурға дейін ұзақ уақыт бойы жұмыс жасай береді.

Термореактивті полимерлер негізіндегі желімдерден кеңінен қолданысқа енгендері эпоксидті қарамайдан жасалған желімдер. Оларды әр алуан металл және металл емес материалдарды желімдеуге қолданады. Эпиксидті желімдер үлкен температуралық диапозонда пайдаланыла береді. Желімнің жекелеген түрлері -253 до +1 000 °С. Темперутураға шыдамды болады. Эпоксид құрамды желімдер пайдалану кезінде ұзақ уақыт бойы беріктігін сақтайды және температураға төзімді болады. Олардың маңызды жетістігі + қатаю кезінде шөгудің өте төмен деңгейде болуы (2% ғана), ірі құрылымдық материалдармен адгезиясы жоғары, вакуумда газ бөлуі де аз болады. Бұл қасиеттер эпоксид құрамды желімдерді тоңазытқыштық және криогендік құрал –жабдықтарды желімдеуде кеңінен қолдануға мүмкіндік береді.

Суықта қатайтын эпиксид желімдерді метал мен ағаштарды, пластмассаларды, керамиканы және резеңкені желімдеу үшін қолданады. Ыстықтай қатайтын желімдерді металл құрылымдар мен шыныпластика бұйымдарды желімдеуге қолданады.

Толтырғышы бар эпиксид желімдерді металл құйманың, керамиканың ағаш кемшіліктерін тегістеу үшін қолданады. Желімдер сыртқы пішіні бойынша сұйық түрде, паста, көбіне полиамидті мата немесе өзге синтетикалық материалмен армиленген күйде кездеседі. Эпоксид құрамды қабықа желімдер кеңінен қолданысқа енді, олармен желімдеудің технологиялық жағынан жетістігі басым. Резеңке бұйымдарды желімдеу үшін және металл мен резеңкені біріктіру үшін резеңке (каучукты) желімдер қолданылады. Резеңке желімдер суықта вулканизацияланады және алынған желім қосылыстары беріктікті қамтамасыз етуімен ыңғайлы және май мен бензинде көп ісіне бермейді.

Желімделетін беттер механикалық түрде тазалануы қажет, мысалы, үйкеу қағаздарымен (наждак), құммен өңдеу, майсыздану (спиртен сүрту, ацетонмен сүрту). Желім қабығының қалыңдығы 0,1...0,6 мм болуы керек. Егер желім қалыңдығы жұқа болса, қабықтың тегістігібұзылады, ал қалың болса – қосылыстың беріктігі азаяды. Желімдеу қосылыстарды төмен климаттық температурада, сонымен бірге қатты суықта да пайдалана береді. Оларды кеме жасау құрылысында, автомобиль және әуе өнеркәсібінде, ракета – космостық техникада қолданады. Эпоксид желімдер гидротехникалық құрылыста, көпір салуда, өнеркәсіптік және азаматтық құрылыста қолданылады. Көпір салуда құрылыстың қоспаларын желімдейді, тоғысатын бөліктерін қосады, металл арматураларды созуға желімдеуге пайдаланады. Желім қатайған кезде кезекті монтажды жүргізеді. Көпірді арматуралар көмегімен тұрғызғанмен, құрғақ тоғысқан бөліктеріне пайдаланудың маңызы бар. Жұмыс қарқыны ұлғаяды, еңбек шығыны 1,8-2 есе азаяды, тоғысқан жерлерінің сапасы артады. Мұндай желімдер ірі өзендер Днепрді, Оканы, Москва және т.б. өзендерге көпір салғанда желімдеу технологиясы қолданылған. Эпоксид желімді темір бетон конструкциялардың жарықтарын желімдеуге қолданады, мысалы, жер сілкінісі болған жерлерде оналту, қалпына келтіру жұмыстарына пайдаланады.

Желімдер мен дәстүрлі бекіту әдістерінің үйлесімі – дәнекерлеу, болт, бұрандалармен бекіту – металл мен вант(кеменің мачтасын бекітетін жуан темір) құрылымдары үшін маңызды. Мұнда қосу, бекіту жұмыстары жақсарады, өрт болған жағдайда қауіптің төнуінен сақтану сенімділігі жоғары. Авиация техникасында стеклотекстолиттен, органикалық және силикат шынылардан жасалған бөлшектерді желімдеуге, металдарға жылуды оқшаулау, резенке, пластмасса және өзге де материалдарды бекітуге әр алуан желімдер пайдаланылады. Ұшақ жасауда көбінесе эпоксидті байланыстырушылары бар беріктікті ұлғайтатын және бұйымның салмағын төмендететін көмір және борпластиктер қоспалары қолданылады. Авиация техникасында бекіту желімдері ретінде эпоксид және фенолкаучукты полимерлермен модификацияланған жұқа сұйық желімдер пайдаланылады.

Желімдерді ракета шығару техникасында да кеңінен қолданылады. Қазіргі кезде желімдік қоспалар ракета құрылымында, ғарышқа ұшатын аппараттарда

Қолданылмайтын жері жоқ. Желімдер жоғары температураға және терең суытуға төзімді және беріктігін сақтайды. Оларды криогенді сұйықтар резервуарларының жылуизоляциясын нығайтуға, ракетаның от жану бактарына, ғарыштық ұшу аппараттары детальдарын желімдеуге кеңінен қолданады.

Желім қоспаларын пенопластың жылуизоляциялау қабаттарын цистернаға бекуін нығайту және табиғи газды тасуда пайдаланады. Оларды перфорирленген пластиналарда тиімді қолданады. Желім қоспалардың беріктігі мен вакуумдық тығыздығы әр алуан әсер ететін 77- тен 433 К-ге дейінгі температура ауысуында да сақтала береді. (15.1 кесте).

Криогенді температурада да тығыздық көрсеткіштері жоғары эпоксидті армирленген жұқа желімдер қолданады. Армирлеуші матреиалдар ретінде әр алуан синтетикалық маталар –полиамидті, шыны материалдар қолданылады.

15.1 кесте. Эпоксид негізді қарамай желім қосылыстардың беріктігі

Желім таңбасы	Жылжудағы беріктік шектеуі, МПа			
	293 К	213 К	77 К	100 циклді әсерден кейінгі температур 77 тен 433 К
В К - 1	16,5	15,2	11,9	14,3
В К - 36	33	30,5	25,5	23,5
В К - 37	25,5	22,1	19,5	19,8
В К - 39	19,9	18,5	13,8	15,6

Армируеші материалдар желімнің суытудағы шөгуін төмендетуге және қосылу күшін теңестіруге мүмкіндік береді.

Эпоксид желімдердің беріктігі мен тығыздығы төмен, ал термиялық кеңейту коэффициенті конструкциялық материалдар көрсеткіштерінен жоғары болады. Желімдер мен желімденетін материалдардың физикалық –механикалық қасиеттерінің айырмашықтарына қарай температура өзгерісі кезінде бұзылуға жеткізетін қауіпті термиялық кернеулер туындауы мүмкін. Бұл кернеуді желімнің термиялық кернеуі коэффициенті мен беріктік модуліне ықпал ететін толтырғыштарды дұрыс таңдау арқылы төмендетуге болады.

Бақылау сұрақтары

1. Желім дегеніміз не?
2. Өзара қандай материалдарды желімдеуге болады?
3. Желім қосылыстарына қойылатын талаптар қандай?
4. Желімдер жылу әсерін қалай қабылдайды?
5. Адгезия деген не?
6. Технологиялық желімдеудің негізгі кезеңдерін атаңыз.

ЛАК-БОЯУ МАТЕРИАЛДАРЫ**16.1. Лак-бояу материалдарының жалпы сипаттамасы**

Лак-бояу материалдары бұйымдардың беткі бөлігіне сұйық күйде жағылатын және адгезия күштерімен ұсталатын қабықшалардың жасалуымен кебетін көп компонентті құрамдар. Кепкен қабықшаларды лак-бояу жабындары деп атайды.

Лак-бояу жабындарының міндеті – металлдарды коррозиядан, ағаштар мен маталарды бұзылудан, ісінуден қорғау. Сонымен қатар, олар бұйымдарға қалаулы сипат беру арқылы декоративтік қызмет атқарады. Кей жағдайларда жабындардың арнайы қасиеттері болуы мүмкін: Электроқшаулағыш, жылу сақтаушы, күн сәулесіне төзімділік және т.б. Қорғаушы жабындар аппаратураның, металл құрастырылымның, құрылғылардың қызмет ету мерзімін бірнеше есе үлкейтеді.

лак-бояу материалдарына қойылатын негізгі талаптар қорғалатын беттерге жоғары адгезия; ТСКК жабын мен металлдардың жақын мәндері; жоғары тығыздық, кеуектіліктің жоқтығы, су және газ өткізбеушілік; жеткілікті қаттылық пен механикалық беріктіктегі қабықшаның жоғары иілгіштігі; жылуға төзімділік, химиялық төзімділік және күн сәулесіне төзімділік.

16.2. Лак-бояу материалдарының қасиеттері

Лак-бояу жабындарының сапасы мен қызмет ету мерзімі олардың құрамына, боялатын материалдың табиғатына, беткі бөліктердің дайындамаларына, жабынды жағу сапасы мен технологиясына байланысты. Кейбір лак-бояу материалдарының сипаттамасы мен қолдану облысы 16.1 кестеде келтірілген.

Лак-бояу материалдарының негізгі компоненттері – үлдіртүзгіштер, еріткіштер мен пигменттер.

Үлдіртүзгіштер лак-бояу материалдарына үлдір түзу қабулетін хабарлайды және оның негізгі қасиеттерін айқындайды. Үлдіртүзгіш заттар кебетін өсімдік майлары, синтетикалық шайырлар және целлюлоза эфирлары болып табылады. Үлдіртүзгіштер қатайпайтын термостойлық және қатайтатын термореактивті деп бөлінеді.

Лак-бояу материалдарының *еріткіштері* ретінде скипидар, уайт-спирит, ацетон, спирттар қызмет етеді. Еріткіштерді үлдіртүзгіш затқа сәйкес

16.1. Кесте **Кейбір лак-бояу материалдарының сипаттамалары мен қолдану салалары**

Лак-бояу материалдары	Белгіленуі	Негізгі үлдіртүзгіш заттар	Сипаттамасы	Қолдану аймағы
Майлы	МА	Өсімдік майлары, табиғи және құрама олифтер, оксоль	Атмосфераға төзімді. Ішкі және сыртқы жұмыстар үшін	Ағаш және металл құрастырылымдар, вагондар, аппараттар
Глифтал	ГФ	Глицерофталатты және алкидті шайырлар (глифталдар)	Атмосфераға және майға төзімді	Ауылшаруашылық көліктер, тракторлар, көтерме транспорт көліктері
Нитроцеллюлозды	нц	Нитроглифталдар, нитроцеллюлозоуретанды, нитроаминоформальдегидті шайырлар	Атмосфераға, майға төзімді, бензотөзімді	Металл бөлшектер, автокөліктер мен тракторлардың шанақтары
Эпоксидті	эп	Эпоксидті, алкидноэпоксидті, нитроцеллюлозоэпоксидті шайырлар	Атмосфераға төзімді. Май, бензин және судың әсеріне төзімді. Ішкі және сыртқы жұмыстар үшін	Солай
Перхлорвинилды	хв	Перхлорвинилді және винилхлоридті шайырлар	Атмосфераға төзімді және химиялық төзімді. Май мен судың қысқа мерзімді әсеріне шыдайды.	Химиялық аппаратураның металл беттері
Кремнийорганикалық	ко	Кремнийорганикалық шайырлар	200...300 °С дейін термотөзімді, химияға және суға төзімді	Көліктер мен аспаптар

таңдап алады: майлар үшін скипидар, уайт-спирит; шайырлар үшін спирттер, ацетон, бензол мен толуол секілді хош иісті көмірсутектер; целлюлоза эфирлары үшін ацетон қолданылады. Еріткіштер кебу кезінде толығымен бұға айналады. Жабындардың кебун тездету үшін каталитикалық тұрғыда әрекет ететін сиккативтерді қолданады. Олар оксидтер немесе кобальт, цинк, қорғасын, марганецтің өсімдік майларындағы тұздар болып табылады.

Пигменттерді (немесе бояғыштар) лак-бояу материалдарына белгілі бір түс беру үшін пайдаланады. Бір мезетте пигменттер адгезияны жақсартады, коррозияға қарсы қасиеттерді, қабықтардың суға төзімділігін жоғарылатады. Олар химиялық құрамы бойынша оксидтер мен металлдар тұзы (жоса, темір жоса, цинктік және титандық ақ сыр), алюминия, цинк және элементар көміртек ұнтақтары (графит, құрым), болып табылады. Сонымен қатар, жабындарға әдемі ашық рең беретін шығу тегі органикалық пигменттерді (алқызыл пигмент және т.б.) пайдаланылады.

лак-бояу материалдарын арзандату үшін оларға толтырғыштар қосады. Толтырғыштар ретінде бор, каолин, тальк және басқа заттар қызмет етеді. Толтырғыш ретінде слюда мен асбестті қолдану жабындардың термостөзімділігін жоғарылатуға ықпал етеді.

Құрамы мен қолданылуына қарай лак-бояу материалдарын лактар, бояулар (оның ішінде эмальдар), грунттар мен бітеуіштер деп бөледі.

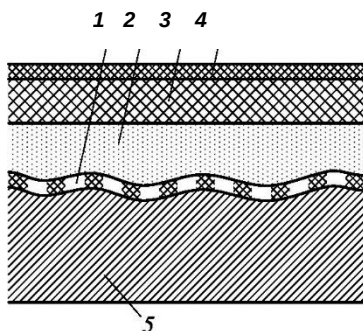
Лак деп кепкен соң қатты, мөлдір, біртекті қабықша құратын органикалық еріткіштердегі немесе судағы үлдіртүзгіш заттардың ерітіндісін айтады. Лактарды беткі бөлікті сыртқы ортадан қорғайтын мөлдір жабындар алу үшін қолданады. Кейде лактарды бояу қабатына жабын көбірек жарқырауы үшін жағады.

Грунттар, бітеуіштер және бояулар деп пигменттелген лактар мен олифтарды (кебудің шапшаңдатқышы саналатын сиккатив қосылған

кепкен майлар) атайды. Лактардан жасалған бояуларды эмаль деп, олифалардан жасалған бояуларды майлы бояулар деп атайды.

Грунттар жабынның төменгі қабаты саналады және боялатын беткі бөлікпен тығыз адгезияны қамтамасыз етеді. Грунттағы пигмент ретінде хром қышқылының тұздарын, қорғасынды немесе темір жоса, цинктік белила және т.б. қолданады.

Бітеуіш деп байланыстырушы заттағы толтырушылары бар пигменттер қоспасынан тұратын қою әрі тұтқыр массаны айтады. Бітеуіштерді бұйым бетінің тегіс емес .



Сурет 16.1. Лак-бояу жабыны жүйесінің сызбасы:

1- грунт; 2 – бітеуіш; 3 – эмаль; 4 – жабушы лак

жерлерін тегістеу мақсатында пайдаланады. Бітеуіштер басқа лак-бояу материалдарына қарағанда айтарлықтай үлкен тұтқырлыққа ие. Бұл пигмент пен толтырғыштың анағұрлым жоғары концентрациясы себепті.

Бұйым беттерін қорғаудың сенімділігі әдетте көпқабатты жабындарды қолдану арқылы қол жетізіледі. Кезекпен жағылған түрлі мақсаттарда қолданылатын лак-бояу материалдарының қабаттарының үйлесімі (грунт, бітеуіштер, бояулар, лактар) жабын жүйесі деп аталады (16.1 сурет). Қабаттардың жалпы саны 2-14 құрайды. Грунт, эмаль, лактың әрбір қабаттарының қалыңдығы 10...26 мкм, бітеуіш қабатының қалыңдығы 1 мм-ге дейін жетеді. Грунтты боялатын әрі жабушы материалды ескере отырып таңдайды. Жабушы материалды эксплуатация шартына және бұйымның талап етілетін сыртқы сипатына байланысты таңдайды.

Бақылау сұрақтары

1. лак-бояу материалдарын қандай мақсатта қолданады?
2. лак-бояу материалдарының қандай арнайы қасиеттері бар?
3. Лактар мен бояулар неден тұрады?
4. Ертікіштер деген не?
5. Бітеуіш деген не?
6. лак-бояу жабынын жағу кезіндегі операциялар реті қандай?

ШЫНЫ

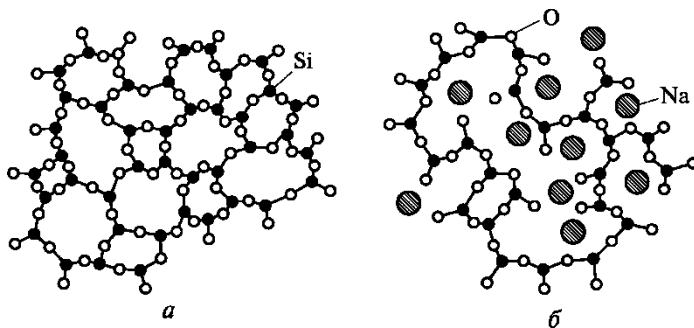
17.1. Жалпы мәліметтер

Шыны – оксидтер балқытпасын қатайту кезінде алынатын біртекті аморфты зат. Шыны құрамында үш типті оксидтер болуы мүмкін: шыны құраушы, түрлендіруші және аралық. Кремний, бор, фосфор, германия, мышьяк оксидтері шыны құраушы болып табылады. Түрлендіруші оксидтерді енгізгенде шынының балқу температурасы төмендейді және оның қасиеттері едәуір өзгереді. Оларға сілтілі (Na, K) және сілтілі жер (Ca, Mg, Ba) металлдар жатады. Аралық оксидтер алюминия, қорғасын, титан, темір саналады. Олар шыны құраушы оксидтердің бір бөлігін алмастыра алады. Шынының шыны құраушы каркасы үзілмейтін кеңістіктік тор болып келеді. Оның түйіндерінде иондар, атомдар немесе атомдардың топтары (17.1 сурет) орналасқан.

Шынының химиялық құрамын кең шектерде өзгертуге болады, сондықтан шынының қасиеттері де түрлі болуы мүмкін. Шыны құраушы оксидтердің табиғатына байланысты химиялық құрамы бойынша шынының силикаттық, алюмосиликаттық, боросиликаттық, алюмоборосиликаттық және басқа да түрлері бар.

Модификаторлардың мөлшеріне байланысты шыны сілтілі және сілтілі емес болуы мүмкін.

Қолданылуына қарай құрылыстық (терезелік, шыныблоктар), тұрмыстық (шыны ыдыс, ыдыс) және техникалық (оптикалық, электротехникалық, химиялық және т.б.) шыны деп бөледі.



Сурет 17.1. Шынының үзіліссіз құрылымды торының сызбасы:

А – кварцтық; б - натрийсиликаттық

17.2. Шынының негізгі қасиеттері

Шынының құрылымы мен қасиеттері оның химиялық құрамы, пісіру, салқындату және өңдеу шарттарымен айқындалады.

Шыны – термостой материал, қыздыру кезінде шыны біртіндеп жұмсарып, сұйыққа айналады. Балқыту белгілі бір температура интервалында өтеді, оның үлкендігі шынының химиялық құрамына байланысты. Шынылау температурасынан төмен шыны осалдыққа ие болады. Қарапайым силикаттық шыны үшін $t_{\text{ж}} = 425...600^{\circ}\text{C}$. Балқыту температурасынан жоғары шыны сұйыққа айналады және шынымассаны бұйымдарға қайта өңдейді. Шынының тығыздығы $2,2.8 \text{ г/см}^3$ құрайды. Жоғары тығыздықтағы шынының құрамында қорғасын мен барий оксидтерінің біраз мөлшері бар.

Шыны – қатаң, қатты, бірақ өте осал материал. Шыны сығуға жақсы қарсы тұрады ($\sigma_{\text{ж}} = 400.600 \text{ МПа}$), бірақ (30.90 МПа) созылудағы сынамаларда төмен уақытша қарсыласумен сипатталады. Сілтілі емес және кварцтық шыны анағұрлым берік болып табылады.

Шынының механикалық қасиеттері термиялық және химиялық өңдеу кезінде жоғарылайды. Шыныны термиялық суару жұмсару нүктесіне жақын температураға дейін қыздыруда және беткі бөліктердің ауа ағыны мен майда жылдам біркелкі салқындауда болып табылады. Бұл кезде беткі қабаттарда сығылысу күшейеді және шынының беріктігі 2-4 есе өседі. Жоғары қысымда жұмыс істейтін құралдарды жасау үшін сынықсыз әйнек – триплекс пайдаланылады.

Триплекс мөлдір, иілгіш қабықшамен желімделген, екі не одан да көп шыныққан қабаттардан тұратын құрама шыны болып табылады. Химиялық өңдеу беткі қабатты еріткіш қышқыл ерітіндімен беткі ақауларды жою арқылы өңдеуден құралады.

Шынының маңызды қасиеті көрінетін жарық толқындарының ұзындық диапазонындағы мөлдірлігі болып саналады. Қарапайым табақ шыны көрінетін жарықты 90%-ға дейін өткізеді, шамамен 8%-ын бейнелейді, 1%-ға жуығын жұтады. Ультрақұлгін сәулелерді терешелік шынылар толығымен жұтады деуге болады.

Шынының агрессивті орталарда жоғары химиялық беріктігі бар (еріткіш қышқыл мен сілтілерден басқа). Су шыныны сілтілі ерітінділердің құрылуы салдарынан біртіндеп бұзады. Шыныдағы сілтілі оксидтердің температурасы мен концентрациясы жоғары болған сайын, судың әрекеті күштірек болады. Шыны техникалық материал ретінде өндірістің түрлі салаларында кеңінен қолданылады. Бұл физико-химиялық және механикалық қасиеттердің игі үйлесімімен, осы қасиеттерді шыны құрамы мен термиялық әсердің тәсілдеріне байланысты кен тұрғыда өзгертуге мүмкіндіктің болуымен түсіндіріледі..

17.1 кесте. Шынының негізгі түрлерінің қасиеттері

Шыны	Тығыздық, г/см ³	Беріктік, МПа			Жұмсару температурасы, °C	Ыстыққа төзімділік, °C
		Сығу кезінде	Созылу кезінде	Иілім кезінде		
Силикатты	2,5...2,6	500... 200	30...90	25...80	Силикатты	2,5...2,6
Кварцтық:					Кварцтық:	
Мөлдір	2,2	650... 180	49...65	110... 120	мөлдір	2,2
Мөлдір емес	2,02	310...900	23...40	45...90	Мөлдір емес	2,02
Көбікшыны	0,15...0,4	80... 100	50... 100	50... 100	Көбікшыны	0,15...0,4
Ситалл	2,4...2,7	1 000...2 000	110... 160	70... 350	Ситалл	2,4...2,7

Қосымша. Светопроницаемость силикатного стекла 82...90%, кварцың ашықтығы 90%.

Таза кремнеземнен (99 % SiO_2), тұратын кварцтық шыны алу тәсілдеріне қарай екі типке бөлінеді: оптикалық түрде мөлдір және мөлдір емес. Кварцтық шыны барлық белгілі шынылардан жоғары физико-химиялық қасиеттері, жоғары ыстыққа төзімділік (1400°C), төмен ТСКК ($(0,5...0,55) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$), жоғары термиялық беріктік ($800.1\ 000^\circ\text{C}$ температура айырмасына шыдайды), қышқылдар әрекетіне (еріткіштен басқа) химиялық беріктігімен өзгешеленеді. Кварцтық шынының жоғары диэлектрлік сипаттамасы бар. Ол көрінетін, ультракүлгін, кейде инфрақызыл аймақтарда мқлдір болып келеді. Әсіресе төмен ТСКК үйлесімінде жоғары термиялық және химиялық беріктігі бар кварцтық шыны тигель, термопар, электровакуумды бұйымдар, химиялық берік ыдыс, құбырлар, зертханалық ыдыс жасау үшін қолданылады. Көлік құрылысында бөлшектерді 600°C дейінгі температурада коррозиядан қорғау мақсатында шыны эмальдар пайдаланылады. Шыны кристалдық материалдарды (ситаллдар) шынын толық немес бөлікпен кристалдау арқылы алады. «Ситаллдар» атауы атауы орыстың «стекло» және «кристаллы» сөздерінен жасалған. Ситаллдарды кейде шыны керамика деп те атайды. Ситаллдардағы кристалдық фазаның мөлшері 95%-ға дейін жетуі мүмкін. Кристалдардың өлшемі әдетте $1,2 \text{ мкм}$ аспайды. Ситаллдар – тығыз, мөлдір емес, қатаң, қатты және газ өткізбейтін материалдар. Олардың механикалық тығыздығы шынының тығыздығынан 2-3 есе көп. Ситаллдар түрпілі тозуға жақсы қарсы тұрады. Төмен ТСКК мен жоғары механикалық беріктіктің үйлесімі оларға жоғары термотөзімділік береді. Ситаллдар қышқылдар мен сілтілердің әрекетіне жоғары химиялық төзімділікпен сипатталады. Олар жоғары температураға дейін қыздырғанда коррозияға бейім емес және ылғалды мүлде жұтпайды. Жеңілдік, тығыздық, қаттылық пен технологиялықтың үйлесімінің арқасында ситаллдар көлік құрылысында кеңінен қолданылады. Олардан 550°C дейінгі температурада майлау материалын қоспай жұмыс істейтін сырғанау мойынтіректерін, піспектер, іштен жанатын қозғалтқыштардың пайдаланылған бөлшектерін, химиялық аппаратура, синтетикалық талшықтардысозуға раланған фильералар, жұмыс дөңгелектері мен сорғыштардың қалақтарын жасайды... Ситаллдарды металл бөлшектерді қорғауға арналған ыстыққа әрі тозуға берік эмальдар ретінде қолданады. Ситаллдар эмальдар 900°C температурада жұмыс істей алады. Шынының негізгі түрлерінің қасиеттері 17.1 кестеде көрсетілген.

Бақылау сұрақтары

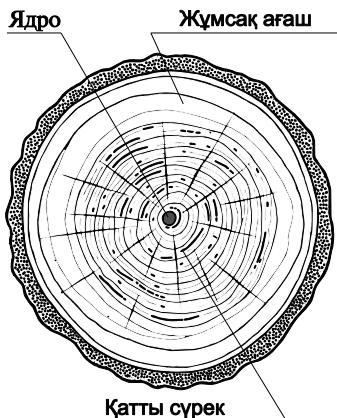
1. Шынының құрылысы қандай? Шыны құрамына не кіреді?
2. Шынының химиялық құрамы мен пайдаланылуы бойынша қалай жіктейді? Шынының қандай қасиеттері бар?
3. Ситалл, триплекс деген не?

АҒАШ

18.1. Ағаштың құрылымы және химиялық құрамы

Ағаш – бағалы өнеркәсіптік шикізат болып табылады. Ағашқа сұраныстың көптігі техниканың барлық салаларында құрылысты қасиеті, құрылыста, тау-кен өнеркәсібіне, теміржол көлігіне, энергетикаға және т.б. маңызды құрылымдық материал ретінде сипатталады. Осындай технологиялық қасиеттердің арқасында қарапайым өнімнің бетін кесу және түпкілікті өнімді өңдеу, сондай-ақ ағаштың табиғи сәндік артықшылықтары – теңдесі жоқ материал, әсіресе жиһаз өнеркәсібінде және қосарлы бизнесте. Ағаштың химиялық құрамы оны ағаш пластиктерін өндіруде және целлюлоза-қағаз өнеркәсібінде де қажетті шикізат етеді.

Магистральдың периметрі бойында ағаштың өсуі кезінде жыл сайын жасушалардың қабаттары қалыптасады, олар жылдық қабат қалыптастырады, жазда және күзде өсетін аса қатты және қара келесі қабаттарға қарағанда ерте өсетін (көктемгі) аса жұмсақ және ақшылтым. Уақыт өткен сайын, ішкі қабаттар қалыңдатылады және қатайды, ағаштың ең құнды бөлігі ядроны құрайды. Сыртқы жылдық қабаттар көбінесе жедел жәрдем құрап, жұмсақ болып қалады (18.1-сурет). Магистральдың өсу процесі, негізінен, меші деп аталатын қабықтың артында жұқа қабатта болады. Қабығы сыртқы, қорғаныш қабатын құрайды. Магистральдың қалған бөлігі негізгі механикалық функцияларды орындайды, атап айтқанда ағашты тігінен ұстап, табиғи жүктемелерге (желге, қарға) қарсы тұрады.



Ағаш құрылымының негізгі элементі - жасушалар. Жасушалардың ұзындығы әдетте 2 ... 4 мм, көлденең өлшемі 20...40 мкм. Жасушалардың қабырғалары күрделі құрылымы бар композиттер болып табылады. Композиттердің микро талшықтары, жоғары беріктігімен сипатталатын, кристалдық целлюлозадан жасалған және жасуша қабырғаларының массасының шамамен 45% құрайды

Сурет 18.1. Қимасы
ОТЫН

Целлюлоза полимер $[C_6H_{10}O_5]_n$ болып табылады полимерлеу дәрежесі $n \sim 10^4$.

Ағаштың өте маңызды компоненті - бұл су. Байланысты және еркін су деп бөлінеді. Байланысты ағаш түрінде шамамен 25-30% ылғалы бар және оны алу өте қиын. Клетканың аралық кеңістігін толтыратын қалған ылғал, кептіру кезінде оңай буланып кетеді.

Сумен қаныққан ағаш, оны ауаға береді, кептірілген ағаш ылғалды ауадан сіңіреді. Кептіру және ылғалдандыру әсіресе ағаштың негізгі бөліктерінде қарқынды жүреді. Өсіп келе жатқан ағаш тез суды сіңіреді және оның мөлшері тек ағаш түріне ғана емес, сонымен қатар маусымға байланысты болады. Мысалы, өсіп келе жатқан қарағай немесе шыршада оңтайлы су 80%, қайында 70% құрайды. Суда (қорытпада) тасымалдау кезінде ағаштың ылғалдылығы жоғарылайды. Мұндай ағаш ылғалды деп аталады.

Қоймада ұзақ сақталған кезде, ағаштың суымен қанықтылығы қоршаған ортадағы белгілі бір мәнге жетіп, тұрақталады. Климат пен маусымға байланысты ауада тұрған ағаштың ылғалдылығының мөлшері 15,20% құрайды. Кептірілген ағаш ауада-құрғақ деп аталады.

18.2. Ағаштың физикалық және механикалық қасиеттері

Ағаштың ең маңызды қасиеттерінің бірі - оның шөгуі. Ағаштың желілік өлшемдері кептіру процесінде азаяды, ал қарама-қарсы процесі - ылғалдың ауадан сіңірген кезіндегі процес кремация деп аталады. Бұл құбылыстар сумен байланысты мәннің өзгеруі кезінде пайда болады (қаныққан), ал еркін (капиллярлық) судың мөлшері ағаш көлемінің өзгеруіне әсер етпейді. Көлемді шөгу саны шамамен кептіру кезінде ағаштан алынған (қаныққан) судың көлеміне тең. Әр түрлі ағаш түрлерінің сызықты шөгуі 18.1. кестеде келтірілген.

Ағаштың тығыздығы (оның массасы) оның ылғалдылығы мен кеуектілігі дәрежесіне байланысты. Осыған байланысты жаңадан кесілген, ауада-құрғаған және толығымен құрғақ ағаштың тығыздығы ерекшеленеді.

Ағаштың ауада-құрғаған күйіндегі тығыздығына байланысты ағаштың алты классы бар (18.2-кесте).

Ағаштың механикалық қасиеттері күштің талшықтарға қатысты әрекет ететін бағытына байланысты. Ағаштың беріктігін талшықтарының тік және көлденеңдігіне қарай бөледі. Ең басты беріктігі қысу, иілу және созылу кезіндегі күші болып табылады. Ағаштың жекелеген түрлерінің беріктігінің айырмашылығы олардың әртүрлі тығыздығының салдары болып табылады

18.1. Кесте . Ағаштың әртүрлі түрлерінің ағашының физикалық қасиеттері

Ағаш түрлері	Тығыздығы, г/см ³	Ағаштың сызықтық шөгуді, %, бағытында		
		осьтері	сәулелері	айналдыра
Лайм ағашы	0,45	0,2	7,79	11,5
Пихта	0,45	0,12	2,91	6,72
Шырша	0,45	0,14	2,41	6,18
Ольха	0,54	0,36	2,91	5,07
Қарағай	0,5	0,12	3,04	5,72
Қайың	0,65	0,27	—	—
Бук	0,65	0,16	—	—
Емен	0,7	0,16	—	—
Жаңғақ	0,66	0,21	3,82	10,5
Алмұрт	0,725	0,22	3,94	12,7
Күл	0,74	0,19	3,35	6,5
Ақжелкен	0,7	0,21	—	—
Акация	0,77	—	—	—
Қарақат ағашы	1,16	—	—	—
Гваяк ағашы	1,23	—	—	—

18.2. Кесте. Ағаштардың тығыздығына қарай жіктелуі

Тығыздық классы	Тығыздығы, г/см ³	Ағаш кеуектері
Өте ауыр	0,8 көп	Граб, тис, гваяк ағашы, қарақат ағашы, эвкалипт
Ауыр	0,71 ... 0,8	Ақ акация (акация), бук, емен, ясень, жаңғақ, алмұрт, алхор
Қалыпты ауыр	0,61 ... 0,7	Қайың, үйеңкі, явор (ақ үйеңкі), шырша, вяз
Жеңіл	0,51 ... 0,6	Каштан, қызыл ағаш
Қалыпты жеңіл	0,41 ... 0,5	Қарапайым қарағай, шырша, пихта, липа, ольха, осина, балқарағай, тик
Өте жеңіл	0,4 кем	Терек, ақ қарағай

18.3. кесте. Ағаштардың қаттылығына қарай жіктелуі

Қаттылық классы	Ағаштар түрі	НВ қаттылығы	Талшықтың бойында созылу күші, МПа
Өте жұмсақ	Верба, бальза, терек, аша, шырша, шырша, ақ қарағай	До 3,5	$\frac{0}{0} \frac{0}{0} \frac{0}{0} \frac{0}{0}$
Жұмсақ	қайың, ольха, явор (ақ желкен), липа, күлгір, қарапайым қарағай, қызыл ағаш, платан	3,6 ... 4,9	$\frac{40}{40} \frac{0}{40} \frac{0}{40}$
Орта жұмсақ	шырша, жаңғақ, кара қарағай	5 ... 5,9	$\frac{40}{40} \frac{0}{40} \frac{0}{40}$
Қатты	Емен, ясен, алма ағашы, алмұрт, шие, тик	6 . 6,5	$\frac{0}{0} \frac{0}{40} \frac{0}{40}$
Өте қатты	емен, граб, бук, тис, ақ акация (акация), қызғылт ағаш	6,6 ... 14,6	120 ... 160
Сүектей қатты	Қарақат ағашы, гваяк ағашы, кокос	Более 15	—

Ағаштың созылу кезіндегі беріктілігі айтарлықтай, түсті металдардың беріктігіне жақын болғанына қарамастан, мысалы, кейбір қолалар мен жезден, іс жүзінде бекітілген жерінде кернеу мен қысу кернеулерінен туындаған ағаштың төмен күшін ескере отырып, созылу арқылы жұмыс істейтін ағаш элементтерді қолданудан аулақ болады. Талшықтардың бойымен қысу кезінде ағаштың беріктігі созылу кезіндегі беріктігінен 3 есе аз..

Өнеркәсіпте пайдалану үшін ағаштың жарамдылығын анықтайтын маңызды сипаттамалардың бірі оның қаттылығы. Ағаштың қаттылығы оның тығыздығы өскен сайын артады. Бринелл қаттылық сынағының негізінде ағаш қаттылығы алты классқа бөлінеді (18.3-кесте).

18.4. Ағаштан жасалған бұйымдар

Сауда ағашы бөлінеді:

- дөңгелек өңделмеген (бұрғыланған), мысалы, дөңгелек ағаш кескіш, құрылыс, білік тіректері, ағаштан жасалған қылшық;
- дөңгелек өңделген, мысалы, араланған материалдар (тақталар, журналдар, пучкалар), паркет, перкинг, шпалдар және т.б .; ағаш күйдіру.

Ағаштан келесі топтағы материалдарды дайындайды:

- дөңгелек ағаштардың әртүрлі түрлерін дөңгелетіп немесе айналмалы кесу кезінде алынған фанерлер – жұқа ағаш тақталар (қалыңдығы 0,4...3 мм), соның арқасында тиімді қабатты құрылымдар, түс және жылтыратылған материалдар бар;

- жабысқан фанералар – фанер парақтарының тақ санынан желімделген, іргелес қабаттардағы талшықтар тік бұрышта орналасқан плиталар Желімделген фаннаның физикалық және механикалық қасиеттері ағаш түрлеріне, фанер қабаттарының сапасына, фанердің қалыңдығы мен құрамына, желімнің түрі мен желімдеу әдісіне байланысты. Стандартқа сәйкес, құрғақ, жартылай су өткізбейтін және су өткізбейтін фанер ерекшеленеді. Фанер қалыңдығы 4; 5; 6; 8; 9; 10; 12; 15; 18 және 20 мм; ұзындығы 1 120,2440 мм; ені 650.2 440 мм;

- Ағаш талшық тақталары - химиялық заттарды қосып немесе қоспай ағаш талшықтарынан жасалған тақталар; 0,4 г / см³-тен төмен, тығыздығы 0,4,0,8 г/см³, қатты тығыздығы 0,8 г/см³ және қатты тығыздығы 0,9 г/см³ астам жұмсақ (кеуекті) тығыздықтарға бөлінеді. Жұмсақ тақталар 9,5,25 мм, қалғаны - 2,4,6,4 мм қалыңдыққа ие. Жалпы мақсаттағы және арнайы мақсаттағы талшықты тақталарды (суға төзімді, саңырауқұлақтарға төзімді, жәндіктерге төзімді және жанбайтын) деп айырады; сондай-ақ сәндік немесе дыбыс өткізбейтін материалдар ретінде қолданады;

- кесілген ағаштық тақталар - дөңгелек ағаштан немесе шыршалардан, пихталардан, қарағайдан, теректен, осина және лайм фишкаларынан алынған шағын ағаш кесінділерінің плиталары. Тақталардың өлшемдері: қалыңдығы 0,05,0,6 мм; ені 1,6 мм; ұзындығы 200,500 мм. Кесілген ағаштық тақталары жеңілдік, жұмсақтық, серпімділік, ауа өткізгіштігі, жақсы жылу оқшаулау қасиеттеріне ие. Тақталардың мақсаттарына қарай орау және құрылыс деп бөлінеді, сонымен қатар тұсқағаз ретінде де қолданылады;

- басқа материалдар, мысалы, лигнофол (қысым астында синтетикалық желіммен жабыстырылған, су өткізбейтін фанерден жасалған қатпарланған материалдар тақталар түріндегі ламинат), лигностон (70.160 °C температурада 40 МПа дейін қысыммен басылған ағаш), чипс (майдаланған ағаштан немесе ағаш аралау өнімдерінен жасалған қалдықтар) және пластмасса мен жарылғыш заттар өндірісінде қолданылатын жұмсақ ағаштар.

18.5. Ағаштардың беріктілігі және сақталуы

Ағаш, тұқымына қарамастан, негізінен жоғары беріктікке ие (ағаштың физикалық және механикалық қасиеттерін сақтайтын уақыт аралығы)

егер ол құрғақ, желдетілетін бөлмеде шамалы төмен температурада және ылғалдылықта болатын болса. Ағаштың ұзаққа сақталуына оның орналасқан жерінің шарттары және сыртқы факторлары қатты әсер етеді:

- биологиялық (паразиттік саңырауқұлақтар, жәндіктер және микроорганизмдер);
- физикалық (температура өзгеруі, ауаның ылғалдығы, соққылар);
- химиялық (қышқылдар, спирттердің концентратты ерітінділері).

Табиғи беріктігі бойынша ағашты үш негізгі топтарға бөледі:

- өте ұзаққа сақталатын ағаш (күл, жалбыз, емен, жасыл, кипарис, балқарағай, ақ акация, каштан, жаңғақ, қарақат, эвкалипт);
- орта ұзақтыққа сақталатын ағаш (шырша, қарағай, шырша, бык, күл);
- қысқа мерзімді сақталатын ағаш (қайың, шикамор, ладан, ладан, асин, терек, талдың).

Ағаштың ұзаққа сақталуын кептіру, антиоксиданттармен қанықтыру, құрғақ ағаш сіңдіру ерітінділерімен және жабынмен (қорғаныш қабыршақтармен) қанықтыру арқылы көтеруге болады.

Ағаш консерванттарын бөлуге болады:

ағашты биологиялық зиянкестерден қорғайтын химиялық заттарға (ағаштан жасалған дистилляцияланған хемламит, жұптасқан хемламит, интокс С, антох, импрекс В және W, R-12 және т.б.);

химиялық отқа төзімді және суға төзімді заттар (W-1 және W-10 пиролаксы, DX игносолы және т.б.).

Ағашты қорғайтын және сақтайтын химиялық заттар уытты және жеңіл, сондықтан оларды пайдалану және сақтау кезінде ерекше сақтық қажет.

Бақылау сұрақтары

1. Ағаш қандай құрылымға ие?
2. Ағашты талшықтың бойымен және көлденең сыналған кезде қасиеттерін қалай ажыратады?
3. Ағаштың шөгуі деген не және ол қасиеттерге қалай әсер етеді?
4. Ағаштың қаттылығын қалай ажыратуға болады?
5. Ағаш тығыздығы бойынша қалай жіктеледі?
6. Ағаштан қандай өнімдер жасауға болады?

ТОЗУ ЖӘНЕ ТОЗУҒА ТӨЗІМДІ МАТЕРИАЛДАР

19 ТАРАУ

ТОЗУДЫҢ ЖІКТЕЛУІ ЖӘНЕ ТҮРЛЕРІ

19.1. Негізгі ақпарат

Үйкеліс – беттерінің арасындағы байланыстар аймағындағы екі органның арасында салыстырмалы қозғалыс төзімділігінің феномені. Онда фрикциялық, физикалық, химиялық және механикалық процестер жүреді.

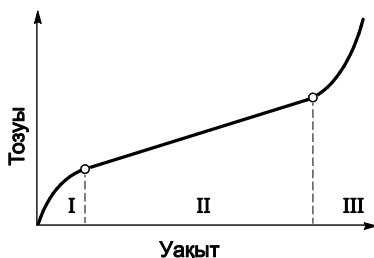
Үйкеліс күш байланыс кедергісі, сипаттамасы мен салыстырмалы қозғалысы үйкеліс органдарға жанама бағытталған. *Үйкеліс күш коэффициенті* – үйкеліс күштің қалыпты қысымға қатынасы. Тартым *күш коэффициенті* қалыпты қысымға үйкеліс күштің қатынасы болып табылады. Түрі бойынша өзара іс-қимыл беттерін және жай-жағармай қабатының үйкеліс мынадай белгілері бойынша сыныпталады: үйкелісті ювенильдық беттерін және үйкелуі кезінде шекаралық, гидродинамикалық, гидростатической, түйісу (эласто) гидродинамикалық майлау

Тозу- жол бермейді-үдеріс-беткі бұзылу және өзгеру мөлшерін дене үйкелген кезде салдарынан бөлімшесінің материалдың бетінің қатты дене, жинақтау қайтымсыз қалдық деформациялар, жер үсті қабаттардың үйкелетін тел. Тозу -тозудың нәтижесі, бірліктерімен, ұзындығымен, көлемімен, массасымен және т. б.заттармен анықталады. *Тозуға* — материалдың тозуға қарсылық көрсету қасиеті, кері жылдамдылығымен немесе тозудың қарқындылығымен бағаланады. Тозу жылдамдығы - бұл тозу мәнінің пайда болған уақыт интервалына қатынасы. *Тозу қарқындылығы*- тозу құнының үйкеліс жолына немесе үйкеліс күшінің жұмысына қатынасы.

19.2. ТОЗУДЫҢ ЖІКТЕЛУІ ЖӘНЕ ТҮРЛЕРІ

Тастардағы металды үйкелісу, топырақты кесу және бұрғылау, тегістеу, сызу, өрескел біліктердің жұмсақ ұстағышқа үйкелісуі, реконструкция процесі және т.б. тозуға жатады. Тозу, әдетте, таза механикалық үдеріс болып табылады, дегенмен ол жиі коррозиямен және адсорбциямен бірге жүреді. Механикалық және коррозиялық эсердің арақатынасына қарай, таза абразивті тозығынан коррозияға дейінгі барлық аралық жағдайлары мүмкін.

- Тозу жұмыс массасы бөлшектер, оның көлемінің немесе сызықтық өлшемдері азаюымен сипатталады.
- Рұқсат етілген және шектеу тозуын ажыратады. Қолайлы тозуымен бөліктің жұмыс қабілеті сақталады. Ең соңғы тозу, пішін мен өлшемдегі осындай өзгерістермен сипатталады, онда одан әрі пайдалану мүмкіндігі болмайды.
- МОСТ 27674-88 бойынша механикалық, коррозиялық-механикалық және электроэрозивтілік мынадай түрлері бөлінеді.
- Тозудың ең көп тараған түрі - механикалық әсер етудің арқасында пайда болған механикалық тозу. Механикалық әсердің табиғатына байланысты механикалық тозудың келесі түрлері бар:
 - абразивті - бос немесе қозғалмайтын қатты бөлшектердің кесу немесе сызаттар әсерінің нәтижесі. Таза металдардағы абразивті тозуға төзімділік олардың қаттылығына пропорционалды: $e = b \text{ HB}$ (E эталондық үлгімен салыстырғанда салыстырмалы тозуға төзімділік, b - пропорционалды коэффициент). Қорытпаларда бұл тәуелділікті байқау мүмкін емес;
 - Шаршау - қатты бөлшектердің байланыс аймағын қайталама деформациялаудың нәтижесі. Байланыстың шаршағышын сандық бағалау жүктеме циклдерінің саны бойынша немесе жұмыс уақытында бетінің шаршау ақаулығы пайда болғанға дейін анықталады;
 - эрозия - сұйық немесе газ ағындарының әсерінен, жоғары жылдамдықпен қозғалатын қатты бөлшектер;
 - кавитация - қатты дененің беті арқылы сезілетін көптеген микро гидравликалық әсерлердің салдарынан, оның жанында сұйықтықтың құлауының буының көпіршіктері. Кавитацияның тозуы сұйық ортада жұмыс істейтін машина бөлшектері үшін тән. Кавитацияның бұзылуы сығылған кратердің пайда болуы.
 - Сұйықтықтың немесе газдың ағыны, өлшенген абразивті бөлшектері бар, гидро - немесе газоабразивтік тозудың себебі болып табылады.
 - Коррозия-механикалық тозу тотығу ортасының механикалық және химиялық әсерімен бір мезгілде жүреді (мысалы, болат бөліктердің екі қырлы бетінің дірілдеу қозғалысы кезінде коррозияға кедергі келтіреді).
 - Электроэроздық тозу байланыс бетін бұзу кезінде және материалдың массасын беру кезінде электр зарядының әсерінен көрінеді.
 - Ағымдардың заңдылықтарына байланысты әртүрлі тозу түрлері болады



Сурет 19.1. Тәуелділік тозу уақыты

Алуан себептерін тозудың бір мезгілде әсер көптеген факторлардың тозудың жылдамдығы, тез ауыстыру шарттарын үйкеліс арналған кедір-бұдырлы қарым-қатынаста болатын беттерінде конструкциялық материалдарды таңдау және оларды өңдеу түрін, үйкелу түйіндерінің және машиналардың жұмыс органдарының сенімді жұмысын қамтамасыз етуін айтарлықтай қиындатады

Тозу жылдамдығы мен тозу уақытқа байланысты. Тозудың үш кезеңі бар (сурет 19.1): I - бастапқы кезең, онда тозу тұрақты баяу жылдамдықпен жүреді; II - қалыпты тозу кезеңі, ол үшін кішкентай және тұрақты тозу жылдамдығы тән; III - апаттық тозу кезеңі.

Апатты тозу яғни қатты денелі дәнекерлеу және қалыптастыру конкреций жүреді дәнекерлеу ұпай, сынған, сызат түсіре ме және возмутительным және үйкеліс бетінің елеулі залал бойынша, үйкеліс бетінің ұстап жүреді. Бастапқы және тұрақты мемлекеттік тозу жылдамдығын азайту, апатты тозу алдын алу жөніндегі төзімділігін қамтамасыз ету. Киім екі топқа бөлінген көптеген факторлардың әсерінен дамиды:

- қатты материалдардың қасиеттері бойынша анықталған ішкі;

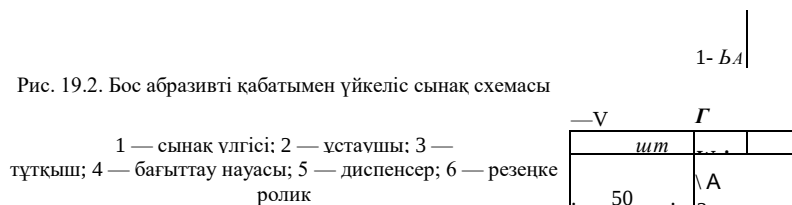
- жүктеме қолдану (статикалық, динамикалық, тұрақты, айнымалы, табиғаты, қатты денелердің өзара іс-қимыл аймағында жағдайлар (температура, қысым, салыстырмалы қозғалыс жылдамдығы, жұмыс алаңы не Майлау беттік қасиеттеріне кедір), үйкеліс түрі (жылжымалы немесе жылжымалы) сипаттайтын сыртқы қайтымды)

Тегістеу беттерінің өзара әрекеттеуінің әр түрлі жағдайына қарамастан болат бөлшектерінің тозуға төзімділігін арттыру көптеген механикалық тозу түрлері, әдетте байланыстың бетінің жоғары беріктігі мен қаттылығын үйлестіру арқылы қамтамасыз етіледі.

- көлемді немесе жоғары қабаттың қатаюы арқылы термиялық бөліктендіру;
- жоғарғы қабаттың қатайту үшін және жоғары байланыс үйкелісін өзгерту үшін химиялық-термиялық өңдеу;
- бөлшектерсіз тозуға төзімді жоғары қабаттарын балқыту;
- тозуға төзімді бөлшектерін қабаттырып жауып өзара бөлшектерін балқыту.

Бұрмаланған абразивтік бөлшектермен өзара әрекеттескен кезде материалдардың тозуға төзімділігін бағалау MOST 23.208-79 сәйкес орындалады. Зерттелген және эталондық материалдардан алынатын үлгілер абразивтік бөлшектерді киіп, үйкеліс аймағына жіберіледі және айналатын резеңке роликпен үлгіге дейін басылады. Сынақ және анықтамалық материалдардың үлгілерінің тозығын өлшейді және салыстырады.

Суретте. 19.2 2 ұстағышында бекітілген 1 сынақ үлгісі айналмалы резеңке роликке 6 басылады. Жүктеме тетігінен 3 жіберіледі. Абразивті диспенсерден 5 бағыттау науасы бойымен үйкеліс аймағына жіберіледі. Тестілеу шарттары: роликті басып шығару күші 44,1 N, роликтің айналдыру жылдамдығы 1 с-1 болса, сынама сынағының анықтамалық материалдан ұзақтығы абразивтік берілу кезінен бастап роликтің 600 айналымы, сынақ материалынан үлгі сынақ уақыты 600-ден 3600 революцияға дейін. Абразивті болғандықтан, жұмыс жағдайына сәйкес келетін, бірақ астық мөлшері 1 мм-ден аспайтын материал қолданылады. Тозуға төзімділікке жалпы салыстырмалы бағалау кезінде түйіршікті электрокордум қолданылады.



Сынақ және анықтамалық материалдар, 30 мм және ені 30 ... 50 мм, қалыңдығы $H \gg 1$ мм және жұмыс беті $Ra < 2,5$ мкм кедір ұзындығы пластиналар жасалған үлгілері. Анықтамалық үлгілері қаттылық 190,200 HV бар өртеуге жағдайда МОСТ 1050-74 сәйкес болат 45 жасалды. Резеңке қысымды ролик диаметрі 50 мм. $< 0,1$ мг қате бар тест дейін және кейін өлшеу арқылы анықталады сынақ және анықтамалық үлгілерін киіңіз. Тестілеу барысында сынама массасының жоғалуы кемінде 5 мг болуы керек.

19.3. Ұштасатын бөлшектер құрайтын жұп үйкеліс тозуы

Біріктірілген бөлшектердің тозуы байланыс алаңдарын бірнеше рет бұзатын, оларды нығайта және жұмсартатын, жылудың босатылуына және температураның жоғарлауына ықпал ететін үйкеліс күштерінің жұмысынан туындайды, құрылымды өзгертеді, шаршаудың дамуына әкеледі.

Қатты заттардың күшті өзара әрекеттестігі молекулалық-механикалық немесе басқаша айтқанда адгезия-деформация теориясын түсіндіреді. Тегістеу беттерінің кедір-бұдыры мен салдарынан толқындардың жоғарғы жағында орналасқан 0,1-ден 20,30 мкм диаметрі бар жеке датчиктерде байланыс жасалады.

Бұл нүктелердегі жылжымалы беттердің өзара әрекеттесуі екі жақты сипатқа ие - деформация және адгезия. Деформацияның өзара әрекеттесуі жер үсті қабатының микроөлшемдерінің қайталанған бұзылыстары арқылы бірнеше деформациядан туындайды. Бұл деформацияға қарсылық ФФ-ның үйкеліс күштерінің деформациялық бөлігі деп аталады. Желімді өзара әрекеттесу байланыс алаңдарында дәнекерлеу адгезиясы көпірлерін қалыптастырумен байланысты. Осы көпірлерді ығысу кедергісі және жаңа жабысқақ үйкеліс күші компоненті ($F^{\wedge}$ Осылайша, үйкеліс күші, сондай-ақ үйкеліс және басқа да маңызды сипаттамалары қалыптастыруды айқындайды - үйкеліс коэффициенті (F), екі компоненттен сомасы ретінде анықталады:

$$F = F_D + F_{ад};$$

$$f = f_D + f_{ад}.$$

Үйкелімнің деформациясының құрамдас бөлігі h / R (h - енудің тереңдігі, R - енгізілген қаттылық радиусы) салыстырмалы түрде ену шамасына қарай пропорционалды түрде артады. h / R және тиісінше, F және f беткі қабатының кедір-бұдырлығымен артып, материалдың

икемділігі мен қаттылығының артуымен және жүктемені төмендетеді. Механикалық өзара әрекеттесудің үш түрі бар: серпімді байланыстыру (19.3-сурет, а); иілгіштік деформация (19.3-сурет, б); микроағзалар (19.3-сурет, с).

Серпімді байланыс үшін тозу жылдамдығы минималды.

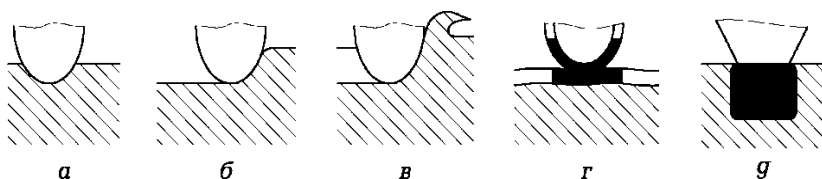
Иілгіштік деформация кезінде тозу жылдамдығы күрт артады. Иілгіштік деформацияның нәтижесінде қатты жерлердің қатаюы орын алады, бұл сынғыш сынықтарға ықпал етеді.

Микрокарталау қолайсыз тозу процестеріне жатады, себебі ол беткі қабаттың қарқынды бұзылуына әкеледі. Микросхема еніп кетудің бұзылуымен ғана емес, сондай-ақ қатты емес қатты бөлшектермен де мүмкін болады.

Қоспа өзара әрекеттесудің екі түрі бар: бетон пленкаларын алып қою және жою (19.3, d); Металл беттерін ұстау, аз күшті материалды кептіру және кесу арқылы жүреді (19.3-сурет, б).

Алғашқы өзара әрекеттесу түрінде адгезиялық байланыс қиылысы қышқылдану беттерінде кездесетін тотықты қабықшалардан тұрады. Оксидтік пленкалардың қалыптасу жылдамдығы әдетте жоғары болып табылады, бұл үйкеліс бетінде жоғары температура көтеріледі. Тотыққан пленкаларды кесу арқылы беттің бұзылуы тотықтырғыш тозу деп аталады. Бұл жабысқақ тозудың ең қолайлы түрі, онда жойылу процестері ең жақсы беткі қабаттарда локализацияланған.

Металл беттердің байланысы пленкадан (жасөспірімнен) таза үйкеліс беттерімен, мысалы, вакуум жағдайында немесе байланыстыру нүктелерінде иілгіштік деформация кезінде тастармен жойылған кезде кездеседі. Байланыстырушы материалдардың атомдары соншалықты тығыз түрде жақындайды, бұл ортатикалық бірлік күші әрекет ете бастайды. Бұл үдеріс кейде суық дәнекерлеу деп аталады. Тазартылған учаскелер арасында фрикциялық жұптың материалдарының бірінің беріктігінен беріктігінен берік болатын адгезиялық байланыстар пайда болады. Кесу тереңдікте баптау нүктесінен әлдеқайда берік материалда пайда болады

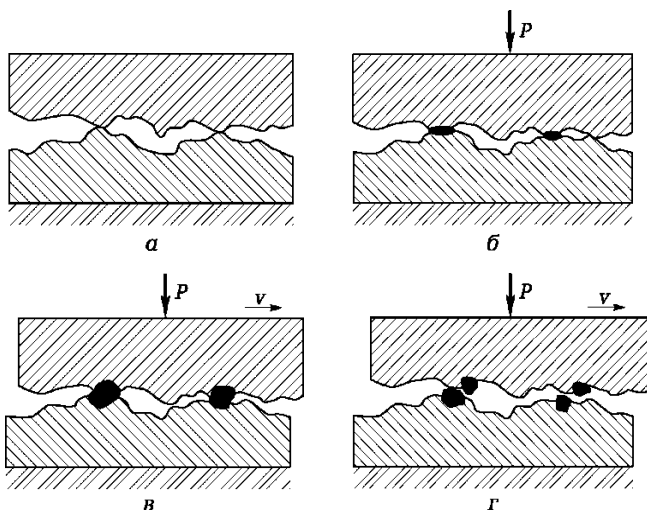


Үйкеліс бетінің бір бетінде, екінші жағынан - жыртылған бөлшектерде, олардың бірнеше рет басып алынып, бөренелерді сүртіп, олардың қарқынды түрде жойылуына себепші болады (19.4-сурет).

Егер адгезияны тозу процесі қарқынды болса және металдың едәуір мөлшерін беру болса, бұл құбылыс металды кептелу деп аталады. Егер ол өте қарқынды болса, онда беткейлер бір-бірімен тығыз байланыста болуы мүмкін және бұл жағдайда сыртқы күштер бір-біріне салыстырмалы түрде ауыса алмайды; бұл құбылыс ұғым деп аталады. Алайда, егер шаралар қабылданса, адгезия тозу жылдамдығы шағын немесе өзін-өзі шектеуі мүмкін, мұнда майлау құралдарын тиімді пайдалану үшін тегістеу және бетінің сапасын жақсарту үшін жиі пайдаланылады.

Молекулярлық-механикалық үйкеліс теориясы материалдың тозуға төзімділігін жақсартудың екі негізгі жолын анықтайды: бетінің қаттылығын арттырады және жабысқақ байланыстың беріктігін төмендетеді.

Қаттылықтың ұлғаюы иілгіштік деформацияға кедергі келтіреді және байланыс аймақтарын серпімді деформациялай отырып мүмкіндігінше қамтамасыз ететін үйкеліс беттерінің микрорекристалын жоюға бағытталған.



Сурет. 19.4. Екі қатты бөлшектердің және бөлшектердің тасымалдануы адгезиясы тозуы: а - жүктелмеген беттердің контактісі; б - қолданбалы жүктеме P иілгіштік ағынға және суық дәнекерлеуге әкеледі; в - жылжымалы және жүктеме әрекеті деформация қатаюына әкеледі; г - дәнекерлеу орнында кедір-бұдырлардың үзілуі нәтижесінде бөлшектердің берілуі

Беріктігінің төмендеуін адгезионной байланыс алдын алу үшін қажет қатуын металл беттерін. Ең тиімді бұл мақсат қол жеткізіледі бөле беттерін үйкеліс сұйық, қатты (кейде газ) жағар май материал. Пайдалану кезінде сұйық майлау, ол бөліседі бөлшектер бетінің беретін гидродинамическим қабатымен, үйкеліс коэффициенті аз (0,005...0,01), ал тозуы, іс жүзінде жоқ.

Сұйық заттың жеткіліксіз мөлшері немесе оның жоқтығы, сондай-ақ адсорбциялық пленкалардың бұзылуы және т.б. болған кезде желімдік тозуы жиі кездеседі. Іс жүзінде, бұл көптеген сырғанау түйіндерінде - сырғанау және жылжымалы мойынтіректерде, тісті доңғалақтарда, муфталарда, бағыттаушыларда, көлбеу механизмдерде кездеседі. Әсіресе адгезиясы тозуы ғарыш технологиясы, вакуумдық жабдық, ядролық реактор тетіктері және газ және сұйық коррозиялық ортада жұмыс істейтін басқа да жоғары жүктелген компоненттер үшін қауіпті.

Дегенмен, майлаушы біртіндеп тұтынылады және орнатуды кепілдемейді. Мұндай жағдайларда, жұптың үйлесімділігін қамтамасыз ету өте маңызды. Сыйысымдылық - майды жағармай немесе май қабатында үзіліс жағдайында жұмыс істегенде орнатуды болдырмау үшін материалдардың қасиеті. Сыйысымдылық бірнеше жолмен жүзеге асырылады.

Мұның бір түрі - оксидтік пленкалардың қорғаныш қасиеттерін пайдалану. Оксидтік пленкалардың қорғаныш қасиеттері олардың құрамына, қалыңдығына, сондай-ақ металл қалыңдығының қасиеттеріне байланысты, қаттылықтың артуымен арта түседі. Егер тотығы қатты және ұзаққа созылған болса, ал астындағы метал жұмсақ болса, пленка оңай жойылып, параметр төмен жүктеме кезінде дамиды. Кейде қышқыл қабатының қаттылығы металлдардың қаттылығынан үлкенірек. Mohs масштабындағы ең жоғары қаттылық (9) Al_2O_3 алюминий оксиді болып табылады, алюминийдің өзіндік қаттылығы аз (~ 2). Нәтижесінде, алюминий болатқа, оксидтік пленкаларға, сондай-ақ бұл фильмдерді жоюға арналған бұйымдар қатты бөренелерді қатты тозуға әкелуі мүмкін.

Магний өте жұмсақ гидроксидті $Mg(OH)_2$ құрайды, сондықтан магнийлі қатты металлдардың тозуы аз. Бұл жағдай магний қорытпаларынан жасалынған поршеньдердің алюминий қорытпаларынан жасалынған поршеньге қарағанда цилиндр қабырғаларын неғұрлым төмен сызатсыз етуін және ішінара өшіруін ішінара түсіндіреді. Алюминий оксидтерінің таза абразивтік тозуы құрылымның салмағын төмендетуге ұмтылудың арқасында хроммен қапталған болат қышқылдық жұппен, алюминий қорытпасынан тұрады.

Хром, коррозияға төзімді болат және мыс сияқты ауыр жүктеме астындағы металлмен бірге деформацияға қабілетті жұқа күшті кинотеатрлар, бұл үшін рұқсат етілген жүктеме ($N < N_w$) алғашқы екі материалға қарағанда аз.

Химиялық-термиялық өңдеуден өткен қатайтылған болаттар мен болаттар қатқылданған және нормаланған болаттарға қарағанда жоғары қарсылыққа ие. Күшті болат үйкеліс жұбының некелік бөліктерінің бірі үшін негізгі материал болып табылады.

Үйкеліс жұбының материалдарын таңдау маңызды рөл атқарады.

Екі қатты денелердің контакт үшін аса қауіпті түсінгеніңіз. қорғаныш тотықты қабыршақтардың қырып жағдайда, ол екі үйкеліс бетінің елеулі залал әкеледі. қатты және жұмсақ материалдар комбинациясы бар аз қауіпті түрінде көрінеді ұстаңыз.

Болат және шойын үтік үшін ең қолайлы болып жұмсақ құрылымы бар түсті металдар мен қорытпалардың конъюгириленген бөлігін өндіру табылады. Бұл құрылым контакт аймақтары бойынша жылжуға мүмкіндік береді және орнатуды болдырмайды. Құрт тетіктерінде құрт қатты болаттан жасалған, ал құрт дөңгелегі құрамында жұмсақ компонент бар қалайы қоладан жасалған. Қалайы мен қорғасын - сырғанау мойынтіректеріндегі жұмсақ құрылымдық компонент.

Тегістеуді үйкеліс беттерін полимерлі пленкалар арқылы бөлу арқылы болдырмауға болады (флуорпластика, полиамид).

Бақылау сұрақтары

1. Тозығу деген не?
2. Үйкеліспен қандай процестер жүреді?
3. Үйкеліс сипаттамалары қандай?
4. Тозу түрлері көрсетілген.
6. қандай жағдайларда тозу алаңдатып жүреді?
6. Негізгі үш кезең қандай?
- 7.Тозуға әкелетін факторлар деп нені тусінеді?
8. Тозуға төзімділікті бағалау үшін қандай сынақтар қолданылады?
9. Жыртқыш бөліктердің тозуының себебі неде?
10. Серпімді байланыс кезінде тозудың қарқындылығы қандай?
11. Неліктен микопластаулар қолайсыз тозу процестеріне жатады?
12. Қандай құбылыс металды кептелу деп аталады?

МАЙЛАУ МАТЕРИАЛДАЫ

Майлаушы - үйкеліс күші мен тозу жылдамдығын азайту үшін үйкеліс бетіне енгізілген материал. Фрикциялық гайкалар мен құрылғыларда майлаушы үйкеліс күштерін бір мезгілде арттырып, тозу жылдамдығын азайтуға арналған. Майлау - бұл абразивті денелердің контактісіндегі майды жағу, бұл тозу мен үйкелістің қарқындылығын (жылдамдығын) төмендетеді. Майлау - майлауды үйкеліс бетіне әкелу

Трибология - құбылыстардың ғылымы, заңдар мен үйкеліс процестері, тозу және майлау. Триботехника - трибологияның қолданылатын бөлігін, үйкеліс бірліктерінің жұмыс істеуін қамтамасыз ететін әдістер мен құралдарды қамтиды.

Майлау түрлері майлаудың (газ, сұйық, қатты) физикалық жай-күйіне және үйкеліс беттерін майлайтын қабатта: гидродинамикалық (гидродинамикалық), гидростатикалық (газостатикалық), байланыс (эластикалық)-гидродинамикалық, шекара, жартылай сұйықтық (аралас) арқылы ерекшеленеді. Гидродинамикалық (газды-динамикалық) майлау сұйықтық (газ) қабатында корпустың салыстырмалы қозғалысымен өзін-өзі жасайтын қысымның әсерінен беттердің толық бөлінуіне әкеледі. Гидростатикалық (газстатикалық) майлау жағдайында үйкеліс беттерінің толық бөлінуі сұйықтықтың (газдың) сыртқы қысым кезінде оны үйкеліс беттерінің арасындағы айырмашылықта жүзеге асырылады. Эластогидродинамикалық майлау кезінде үйкеліс денелерінің жанасу процестеріне тек майлау материалының реологиялық қасиеттері әсер етпейді, сонымен қатар қатты заттардың серпімді қасиеттері әсер етеді. Жанар-жағармайдың шекаралық формасы үйкеліс пен тозу қатты заттардың қасиеттері мен майлаушы заттың физикалық-химиялық қасиеттерімен анықталатын жағдайға нұсқайды. Аралас майлау режимі жанар жағармайдың бұрын көрсетілген бірнеше түрлерінің байланыстарының болуын сипаттайды. Майлаудың әртүрлі әдістері пайдаланылады: үздіксіз, мерзімді, айналмалы, ресурс, қысым астында, батыру, май тұмауы, тамшылау.

Майлаудың магнитті ұнтақ әдісі магнитті өрістер майлауды үйкеліс бетіне үздіксіз беру үшін пайдаланылады және оны механизмге айналдырады. Майлаушы пленка негізгі материалмен тығыз байланыста ғана емес, сонымен қатар үйкеліс бірлігін пайдалану кезінде үнемі қалпына келтіріледі. Ұнтақталған магнитоактивтік майлау материалдары ферромагнитті компоненттерді қатты жағармай негізіне енгізу арқылы алынады, мысалы, молибдендік дисульфидке негізделген материалдар, никель, кобальт, темір және т.б. қосу арқылы молибден диселениде тиімді. Майлаудың магнитті ұнтақ әдісінің қолданылуы өздігінен жағатын материалдармен және жабындармен салыстырғанда тісті берілудің қызмет мерзімін 10 есе арттыруға мүмкіндік берді.

Сұйық, пластик, газ тәрізді, қатты материал бар. Олар шыққан кезде майлар минералға, майға, өсімдікке, жануарларға, синтетикаға бөлінеді. Қоспалармен (қоспаланған) және қоспа қоспалармен (жалған емес) қолданылады. Қоспалар сұйық немесе қатты заттар болып табылады, оның сапасын жақсарту үшін жағармай. Әр түрлі қоспалар пайдаланылады: антиквариат, төтенше қысым, антикоррозия, антиоксидант, депрессия, майлаудың құйылу нүктесін төмендетеді, антифаммдар және т.б.

Майлаудың тұтқырлығы қабаттың салыстырмалы қозғалысына қарсы тұру үшін массалық қасиетті анықтайды. Мұнайдың стандартты ауқымдағы температураға сезімталдықты сипаттайтын өлшемсіз саны тұтқырлық индексі деп аталады. Жоғары индекс температурадағы тұтқырлықтың аз өзгеруіне сәйкес келеді. Майлау қозғалтқыштарын, газ турбинасын (реактивті), трансмиссия, өнеркәсіптік және т.б. қолдану. Майлау майлары үйкеліс, тозуы, бетінің соққылауын болдырмайды, үйкеліс қондырғыларынан жылуды кетіреді, коррозиялық қоршаған ортаға әсер ететін бөлшектерден қорғайды, тозу өнімдерін алып тастайды.

Ең кең таралған мұнай майы. Төмен және жоғары температура үшін силикон сұйықтықтары (полисилоксандар), күрделі эфирлер, полигликолдар, фтор және хлорорганикалық сұйықтар сияқты синтетикалық майлар жиі қолданылады.

Жанар майларына төтепсіз, тозуға қарсы, төтенше қысым қосындылары түрлі белсенді элементтерден тұрады: күкірт, фосфор, хлор және т.б. Қоспалардың тиімділігі физикалық-химиялық қасиеттерге және негізгі майдың құрамына байланысты.

Пластикалық майлау дисперсиялық орта (70 ... 90%, сұйық негіз), дисперсті фаза (10.15%, қалыңдатқыш), құрылымды модификаторлар, қоспалар, қоспалар, толтырғыштар (1 ... 15%) бар үш компонентті коллоидтық жүйелер.

Дисперсиялық ортада мұнай май, синтетикалық майлар қолданылады. Шаяқтар - жоғары молекулалық май қышқылдарының тұздары - сабындар, қатты көмірсутектер және т.б.

Объектілер мен әртүрлі үйкеліс қондырғыларына сәйкес, пластикалық жағармай материалдар сұйық жағармайлардан жоғары. Пластикалық майлар үйкелісті азайтады, тозады, жағылуды болдырмайды, коррозиядан қорғайды, ықшам кеңістіктерді, дірілді, шуды, соққыларды азайтады.

Үйкеліс тетіктері мен жоғары жылдамдықты жылжымалы подшипниктер үшін жылжымалы үйкеліс коэффициентінің жоғарылау мәнін алуға және тозуды азайтуға мүмкіндік беретін арнайы сұйықтықтар (майлар) жасалады. Турбокомпрессорларда, турбо кеңейтімде, гироскоптарда, металл кесетін машиналарда, желдегіштерде, аспаптарда және арнайы жабдықта жоғары жылдамдықтағы шпиндель тораптарында газды майлаумен, минималды үйкеліс шығындарымен және тозуға төзімділікпен кеңінен қолдану. Іс жүзінде әр түрлі газдық орталар: ауа, аргон, гелий, көмірқышқыл газы және т.б. қолданылады. Көптеген жылдамдықтағы өзгерістерге (0 ... 100 м / с), әртүрлі газ орталарында температураны, тәжірибелік пайдаланбауды қолдану арқылы газды майлаумен мойынтіректерді қолдану мүмкіндігі олардың өнеркәсіптік пайдаланудың кең перспективасын қамтамасыз етеді. Әртүрлі машиналар компоненттері үшін магниттік суспензияны қолдану тиімді болып табылады, бұл өзара механикалық байланыссыз, тыныссыз, ең аз үйкеліс шығындарымен жұмыс істейтін механизмдерді құру мүмкіндігін ашады, іс жүзінде уақытында шектеусіз. Мойынтықшы ретінде металл антифрикционды материалдар (қалайы, қорғасын, мыс, алюминий және мырыш қорытпалары, антифрикционды құйма үтік және т.б.) жиі кездеседі. Төтенше жұмыс жағдайында үйкеліс жұптары антифрикционды тозуға төзімді жабындар мен өзін-өзі жағуға арналған композиттік материалдармен кеңінен қолданылады. Мұндай жағдайларда, мысалы, вакуумдағы, сұйытқыш сұйықтықсыз, төмен температураларда (-60°C -тан төмен) және жоғары ($+300^{\circ}\text{C}$ -тан жоғары) температура кезінде, сұйылтылған ортада, коррозиялық ортада, ортада сұйық металдан жасалған салқындатқыштар, сумен майлау кезінде және әртүрлі шешімдер.

Күшті жағармайлар негізді және төмен жылжу кедергісімен, сәулелену кернеулерімен, терең вакуумда әлсіз түрде буланып жатқан адгезия беріктігіне ие. Олар тек үйкеліс беттеріне қолданылатын механизмдердің басқа бөліктерін ластануға болмайды, әсіресе стационарлық байланыстар үшін жоғары жүктеме қабілетіне ие. Дегенмен, тозу процесінде қатты майлау материалдары қалпына келтірілмейді, сондықтан олар майлау қабатының қалыңдығына және жұмыс жағдайына байланысты шектеулі ресурстарға ие. Төменгі, криогенді және жоғары температурада (1000°C -тан жоғары), жылдамдығы жоғары жылдамдықтағы үйкеліс қондырғыларында, сұйық және пластикалық жағармайлар қажетті жүктеме қабілетіне ие болмаған кезде, үйкеліс беттерін орнатудан қорғау кезінде механизмдерді іске қосу және тоқтату режимдерінде қолданылады. Қатты майларға графит, молибдендік дисульфид, бор нитраты,

сульфидтер, селенидтер, хлоридтер, фторидтер, йодидтер, металл оксидтері, жұмсақ металдар (Au, Ag, Pb, In, Cd, Cu, Co және т.б.), органикалық заттар пластмасса, полиамидтер, полиимидтер және т.б.). Олар өздігінен композициялық майлайтын материалдардың бөлігі ретінде роторлық фриクションдық қондырғыларда майлайтын қарындаштар ретінде пайдалануға арналған қатты сүргілейтін жабындарды, қатты майлайтын жабындарды, қысылған таблеткаларды және брикеттерді қолдану арқылы қолданылатын пленкалар түрінде қолданылады.

Антифрикциондық өзін-өзі жағуға арналған материалдар әртүрлі үйкеліс қондырғыларында: мойынтіректерді, ілмектерді, тісті берілістерді, бағыттағыштарды және т.б. Өзін-өзі жағуға арналған пластмасадан жасалған антифрикционды, құрамында антифрикциялық, күшейтетін және басқа толтырғыштарды қамтитын полимерлерді қолданады. Кеңінен қолданылатын металл-флюоропластикалық ленталық материалдар, мата антифрикциялық материалдар, жабынды сүргіленген беттер. Металл-флюоропластикалық таспа жоғары мойынтіректерді және антифрикционды сипаттамаларға ие. Таспалардан жасалған (шағын көлемде және массасы бар) еріткіштердің әсерінен коррозияға төзімді, кең температура диапазонында жұмыс істейді ($-200 + 280^{\circ} \text{C}$). Химиялық талшықтардан (фторопластикалық, полиамидті жіптер және т.б.) жасалған антифрикционды маталарға негізделген таспалар оларды толтырғыштармен жабысқақ байланыстырғыш заттармен сіңдіру арқылы алынады. Матаның қалыңдығы 0,08 ... 1,5 мм. Үйкеліс бетіне тікелей бекітілгеннен кейін құрылғы 500,600 МПа қысымды ұстайды және -200 -ден $+250^{\circ} \text{C}$ -ге дейін кең температура диапазонында жұмыс істейді.

Композициялық ұнтақты антифрикционды материалдар тозуға төзімді, төзімді, қаттылық және коррозияға төзімді. Темір графит, қола графиттық материалдар, темір-никель қорытпалары, сульфидті, сульфобирленген, коррозияға төзімді болаттар қолданылады.

Майлы жағармайдың оңтайлы түрін таңдау күрделі тапсырма болып табылады, машина бөлшектері үшін құрылымдық материалдарды таңдаудан кем емес. Майдың дұрыс таңдалуы төтенше жағдайлар мен апаттарға әкелуі мүмкін.

Бақылау сұрақтары

1. Трибологиялық зерттеу немен аяқталады?
2. Майлау түрлерінің арасындағы айырмашылық қалай болады?
3. Майлаудың магнитті ұнтақ әдісі қандай жағдайларда қолданылады?
4. Майлағыштардың жиынтығы қандай болуы мүмкін?
5. Майлау материалдарына қандай қоспалар қолданылады?
6. Қатты майлау материалдарының қасиеттері қандай?
7. Өзін-өзі жағуға арналған антифрикциондық материалдар қайда қолданылады?

ТОЗУҒА ТӨЗІМДІ БОЛАТТАР**21.1. Тозуға төзімді болаттарға химиялық
құрамның әсері**

Еріген температурадағы көміртек шынықтыруын қаттылығы шыныққан болат саны және аустениттің қалдық санын анықтайды. Сұраныс туралы қосымша ақпаратта қатты немесе қатты емес матрицада қалыптасқан көміртегінің бөлігі карбидтер түрінде тозуға төзімді болаттарда кездеседі.

Ерітінбейтін қышқылданбаған және тазартылмаған материалдағы көміртегінің бөлінбеген бөлігі карбидтер түрінде тозуға төзімді болаттарда кездеседі. Сондықтан, көміртегі көлемінің артуы маталардың төзімділігіне және карбидтердің құрамының артуына байланысты болаттардың тозуға төзімділігін арттыруға ықпал етеді. Әдетте, күш пен төзімділік азаяды.

Легирленген элементтердің құрамының артуы, болаттың беріктігі, карбидтердің қаттылығы және ыстыққа төзімділігі жақсартады. Никель мен кремнийден айырмашылығы, карбидті құрайтын элементтер (Cr, Mo, V) жоғары сапалы температурада карбидтерді ерітіп алу жағдайында болаттардың беріктілігін арттырады. Көміртектің және карбид жасайтын элементтің концентрацияларының белгілі бір арақатынасы кезінде, бұл жағдайда M_3C карбиді деп аталатын темір Fe_3C темір карбидінде еруі мүмкін.

Легирленген элементтер мен көміртектің шоғырлану коэффициентінің белгілі бір шекті мәнінен асып кетсе, арнайы карбидтер пайда болады. Химиялық болаттардағы M_3C_3 -ке дейін, ал одан кейін ниобий немесе ванадий бар болаттардағы MC-нің алюминийінің құрамында Fe_3C -нің карбидтерінің катализділігінің жоғарылауы, әсіресе қатты минералдармен (кварц, корунд) байланыста болған кезде тозуға төзімділікке ұласады.

Тозуға төзімді болаттардың құрылымы мен қасиеттеріне әсер ететін, карбидті құрайтын элементтер (молибден, вольфрам және ванадий), $500-600^{\circ}C$ температурада шоғырланған кезде арнаулы карбидтер диспергирленген болады. Бұл құбылыс мартенситдің қайталама катаюы деп аталатын, $500^{\circ}C$ дейінгі жұмыс температурасында ауа райының төзімділігі мен ыстыққа төзімділігін арттырады.

Бұл карбидтер ыстыққа төзімділігімен бірге, жоғары температурада болатқа төзімділікті арттырады. Ылғал абразивті және басқа да коррозиялық әсерлері бар, матрицада жоғары хром мөлшері тозуға төзімділікке жақсы әсер етеді.

Көміртектің құрамының азаюымен қатар болатты беріктендіру де артады. Марганец мазмұнын азайту сияқты аустенит тұрақтылығы төмендейді.

21.2.

Мойынтірек болаттары

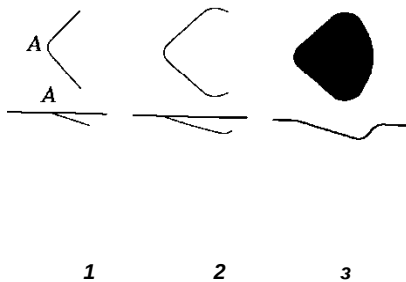
Шанақтарды, роликтерді, подшипниктерді және басқа да бөлшектерді өндіруге арналған, олар тозуға төзімділігі жоғары және контактілі циклдік жүктемеде (поршеньдер, втулкалар, дистрибьютерлік корпустар, қысымды клапандар және т.б.) талап етеді. Төрт түрдегі болат: 1) құрамында көміртектің көп мөлшері бар хром; 2) төменгі көміртекті цементтелген; 3) хромның құрамында жоғары коррозияға төзімді жоғары көміртегі; 4) ыстыққа төзімді (хром-үшпа).

Көптеген үйкеліс түйіндерінің тиімділігі беткі шаршағандықтың даму жылдамдығына байланысты (шұңқыр).

Беттік төсеу жоғары циклдік контактілі жүктемелерге ұшырайтын үйкелу жинақтарында (тісті, шар және роликті мойынтіректер) пайдаланылатын материалдарға тән. Жер бетінің кішігірім аудандарында жұмыс істейтін бұл жүктемелер шаршау сызаттарының жер асты қабатында пайда болу процестерін, олардың қабаттың ішкі қабатына айналуына және деформацияның шұңқырларының пайда болуымен бөлшектілігіне себепші болады (21.1-сурет).

Материалдың беткі қабатына төзімділігі байланыс тұрақтылығы деп аталады. Ол байланыстың төзімділігімен ерекшеленеді.

Жұмыс жағдайында мойынтіректер ұзақ уақытқа жоғары байланысты жүктемелерге төзімді болуы керек, бұл болаттың металлургиялық сапасына қойылатын талаптарды айқындайды. Әсіресе, беттік қабатына кіретін ақаулардың ең аз саны маңызды.



Сурет 21.1. Беткі қабаттың қалыптасу схемасы (шұңқыр)

жылжымалы мойынтіректің қозғалыс жолында:

А - шаршау жарықтарының шығу орны; 1, 2 - оның даму кезеңдері; 3 - фосса

Тірек болат келесі қасиеттерге ие болуы керек:

- тұрақты деформациясыз жоғары жүктемелерге төтеп беру қабілеті ($\epsilon = 0,01\%$). Жұмыс кезінде контакт аймағында қысым 2,000 ... 4000 МПа дейін жетуі мүмкін болғандықтан, бұл қасиет жоғары қатайтылған ($HRC > 60$) өңделген гипереутрективтік, хроммен қорытылған болаттардың тіректері үшін материал ретінде пайдаланылады;
- Байланыс шаршылығына төтеп беру жоғары беріктігі мен болаттың металлургиялық сапасының артуымен қамтамасыз етіледі. Болаттың металл емес қосындылары неғұрлым аз болса, оксид пен сульфид бөлшектерінің неғұрлым көп бөлінуі, сутектің мазмұны неғұрлым төмен болса, кеуектілігі төменірек, басқа металлургиялық кемшіліктер неғұрлым аз болса, онда мойынтіректің ұзақтығы неғұрлым жоғары болады. Осыған байланысты сырғанау мойынтіректерін өндіруде, электрлік қаңылтыр және вакуумды доғалық қалдықтар қолданылады, сондай-ақ синтетикалық шлактармен өңдеу.

Жалпы мақсаттағы мойынтіректердің болаттарының химиялық құрамы МОСТ 801-78 (21.1-кесте), сондай-ақ тиісті спецификацияларда арнайы мақсаттағы мойынтіректер үшін берілген. Электрославы қайта қалпына келтіргеннен кейін, болаттар құрылымдардың ең жоғары біртектілігі мен қосындылардан тазалықпен ерекшеленеді. Бұл болаттар жоғары жылдамдықты мойынтіректерді, сондай-ақ үйкелістің коэффициентін азайту үшін бөлшектерін тазартатын жоғары дәлдіктегі аспаптық мойынтіректерді өндіру үшін қолданылады. Бұл жағдайда болаттардағы қосындылардың санын азайту өте маңызды.

Мойынтіректері 820.850 ° С температурада және 150.170 о С температурада төмен температурада сөндіріледі. Мойынтіректерді термиялық өңдеудің айрықша ерекшелігі - пайдалану мерзіміне олардың өлшемдерін тұрақтандыру қажеттілігі. Қаттылықтан кейін қалдықты аустенит 8,15% болаттар құрылымында сақталады. Бұл тұрақты 150 ... 170 ° С температурада төмендегеннен кейін оның болаттың бөлігі бөліктің өлшеміне әсер етпейді.

21.1 кесте

Жоғары көміртекті шарикті болаттың химиялық құрамы (МОСТ 801-78)

Болат маркалары	Массалық үлесі, %*			
ШХ15	0,95.1,05	0,17.0,37	0,2.0,4	1,3.1,65
ШХ15СГ	0,95.1,05	0,40.0,65	0,9... 1,2	1,3.1,65
ШХ4	0,95.1,05	0,15.0,3	0,15.0,30	0,35.0,5
ШХ20СГ	0,9.1	0,55.0,85	1,40.1,70	1,4.1,7

* S < 0,02; P < 0,027; Ni < 0,3; Cu < 0,25; £Ni + Cu < 0,5.

Коррозияға төзімді және ыстыққа төзімді химиялық құрамы болаттың құрамы

Болаттың маркалары	Массалық үлесі, %								
	C	Cr	Mn	Si	Ni	Cu	S	P	Басқада элементтер
95X18-Ш	0,9... 1,0	17...19	<0,7	<0,8	0,3	0,25	0,025	0,03	Mo = 0,5... 0,8
11X18М-ШД	1,0... 1,2	16,5... 18,0	0,5... 1,0	0,53 ...0,93	0,3	0,3	0,025	0,015	Mo = 0,5... 0,8
8Х4В9Ф2-Ш	0,7...0,8	4,0...4,6	<0,25	<0,25	0,3	0,25	0,03	0,03	Mo < 0,3 W = 8,5... 9,5 V= 1,4... 1,7 Co < 0,25
8Х4М4В2Ф1-Ш	0,75...0,85	3,9...4,4	<0,4	<0,4	0,35		0,03	0,015	Mo = 3,9 ...4,4 W= 1,5...2 V = 0,9... 1,2

Қосымша тұрақтандыру үшін, сөндіруден кейін дәлдік мойынтіректері суық (-70.80°C) өңделеді. Нәтижесінде мойынтіректегі болат ұсақ карбидтердің және қатты қаттылықтың (60,64 HRC) қосылыстары бар мартенсит құрылымы бар.

200°C жоғары температура кезінде жылытылатын мойынтіректер үшін ыстыққа төзімді болттар, жоғары истиранию кедергісі қолданылады. Агрессивті ортада жұмыс істейтін сауналар шамамен 1% көміртегі бар жоғары хромдық болаттан жасалады. Қатты және төменгі температурадан кейінгі бұл болаттар коррозияға төзімділік пен жоғары қаттылыққа ие. Олар әдетте электрослағды қайта қалпына келтіреді. Орташа және үлкен мойынтіректер үшін 95X18-III мартенсит класы қолданылады.

Молибден бар коррозияға төзімді болат 11X18M-SHD 350°C дейінгі температурада жұмыс істейтін шағын және миниатюралық мойынтіректерге арналған.

Коррозияға төзімді және жылуға төзімді мойынтіректердің құрамын кестеде келтірілген.

Жоғары жылу тұрақтылық 8H4V9F2-W болаттар қол және вольфрам және молибденom X (W + 2Mo) бойынша W-8H4M4V2F1 мезгілде допинг отыр $> 7.10\%$. сақина және сөндіру илектеу элементтердің жылу екі кадаммен жүзеге асырылады: қорытынды 800°C , үшін алдын ала қыздыру - $^{\circ}\text{C}$ (болат үшін 1 130°C 1160-W 8H4M4V2F1) 80°C температурада мұнай салқындату, 240 1 220,1. 130°C Болат 8H4V9F2-SH сондықтан жалға сақиналар мен жылжымалы элементтері ауаны салқындату $560,580^{\circ}\text{C}$ 2 сағат әр уақыт бойынша 3 рет температурада жүзеге асырылады, жауын-шашынсыз шынықтыру болып табылады. Қорытынды қаттылығы 59,64 HRC.

Мойынтіректер (550°C дейін жұмыс температурасы) немесе 650°C ($600,650^{\circ}\text{C}$ Жұмыс температурасы) кем $^{\circ}\text{C}$ от-puskaут 580,600, 500°C жоғары температурада жұмыс істейтін. Ekonomnolegi-rovannaуа вольфрам болат 8H4M4V2F1-III, тозуға төзімділігі кем 8H4V9F2-W болат емес, байланыс шаршау, 500°C және оның тұтқырлығы үшін teplo-stoykosti 1,5 есеге асады.

21. 3. Графитизацияланған болаттар

Графитизацияланған болаттар графитке тән қосындыларға ие. Графиттің қосылысының қаттылығын және беріктігін азайтуына қарамастан, олар майлаушы болып табылады, осылайша тозуға төзімділікті арттырады.

Графитизацияланған гиперэтекоидты болаттар, әдетте, көміртегі 1,5% -дан және 0,7-ден силиконға дейін бар

Салкындатылған графитизацияланған болаттардың механикалық қасиеттері

Құрылымы	°0,2	°в	5	ұ	KCU, Дж/см ²	нв
Феррит + графит	200...210	360...420	14...24	19...36	0,25...0,4	100...по
Зернистый перлит + графит	280...340	540...590	14... 17	16...25	0,2...0,3	220...230
Пластинчатый перлит + графит	490...550	830...940	3... 5	5...8	0,06...0,15	220...235

2%. Кремний негізгі графизатордың рөлін жауып жатқан кезде орындайды. Хром графиктендіруді болдырмайды, сондықтан оның осы болаттарда болуы жағымсыз. Графирленген болаттардың механикалық қасиеттері олардың құрылымына байланысты (21.3-кесте).

Графитизацияланған болаттар жақсы құю қасиеттеріне ие: жоғары сұйықтық, шағын сызықтық шөгу және ыстық және суық жарықтар қалыптастыруға бейімделеді. Болттар жақсы деформация қабілетіне ие, сондықтан олар құйынды да, деформацияланған күйде де қолданылады. Графирленген болаттардың термиялық өңдеуі әдетте екі кезеңде жүзеге асырылатын графитизациялаудан тұрады. Бірінші кезең 850 ... 950 ° C температураға дейін 2-ден 12 сағатқа дейін әсер етеді және химиялық құрамы бойынша, екіншісі - 700,780 ° C температурада қыздыруды қамтиды. Бірінші күйдіру барысында екінші цементит графитизирленеді, ал екіншісінде болаттың металл негізі құрылады.

Графитирленген болаттар 680.700 ° C температурада су тоғаннан және температурадан тұратын жақсартылған операцияға ұшырайды. Нәтижесінде түйіршікті перлит (немесе феррит) және графит құрылымы алынды. Күрделі күйдегі графитталған болаттар көмір шаңсорғыштарына, пышақтарға, моншаларға, шарларға және көмір өндірушілердің броньды плиталарына, қоқыс тастайтын машиналардың пышақтарына және қылшықтайтын машиналардың пышақтарына, құмшөп машиналарының шашыратуға арналған құюға арналған өліктерді жасау үшін қолданылады. Күйінгеннен кейін, бұл болат мойынтіректерді, поршеньдік сақиналарды, тежегіш табақшаларды және барабандарды өндіру үшін қолданылады..

21.3. Жоғары марганецтіт аустенитикалық болаттар

Жоғары марганец аустенитикалық болаттар шок абразивті тозу және қысымның жоғарылауы жағдайында қолданылады. Бұдан бұрын тозудың негізгі себебі - бетінің қатты қаттылығы. Дегенмен, төменгі қаттылықпен (200.250 HB), шок жүктемелеріне немесе жоғары арнайы қысымға ұшыраған кезде, тозуға төзімділікке ие болатындай топтар бар.

Бұл топтардың алғашқыларының бірі болып Р.Д. Гадфилд анықтады. Ол 1883 жылы патенттелген болатты, оның атын ол 1,2% және 13% Mn деп алған болатын. Жоғары марганец аустенитикалық болаттардың химиялық құрамы кестеде келтірілген. 21.4.

Көміртегі мен марганецтің жоғары құрамдас болуына байланысты болаттардың аустенитикалық құрылымы тұрақты. Олар көбінесе деформацияланған күйде құюда қолданылады. 110G13L болаттың құрамында аустенит, бұрынғы марганец және темір карбидтері (Fe, Mn) 3C тұрады. Жылыту кезінде көмірқышқылдары аустенитке ериді, сондықтан суда 1100 ° C температурасынан суытылғаннан кейін, болат қалыңдығы (200 NV) болатын таза аустенит құрылымын алады.

21.4 кесте

Болат маркалары	Массалық үлесі, %					
110Г13Л	0,9... 1,5	0,3.0,9	11,5.15	<1,0	<1	—
110Г13Х2БРЛ	0,9... 1,5	0,3.1	11,5.14,5	1.2,0	< 0,5	—
110Г13ХБРЛ	0,9... 1,3	0,3.0,9	11,5.14,5	0,8. 1,5	< 0,3	—
110Г13ФТЛ	0,9.1,3	0,4.0,9	11,5.14,5	—	—	—
130Г14ХМФА Л	1,2.1,4	< 0,60	12,5.15	1.1,5	<1	0,2.0,3
120Г10ФЛ	0,9.1,4	0,2... 0,9	8,5.12	<1	<1	—

110Г13Л болатқа арналған қатаң аустениттың шамамен механикалық қасиеттері келесідей: $\sigma = 780 \dots 980$ МПа; $\sigma_{0.2} = 255 \dots 390$ МПа; $\delta = 40,50\%$; $\psi = 40,50\%$, қаттылық 180,220 МБ. Марганец аустениті, әсіресе соққы жүктемелері кезінде, жақсы жұмыс істейді, ал жұмыс кезінде деформациядан кейін ол 50,55 HRC дейін қаттылықты алады. Таза абразивті тозумен (мысалы, құмдағы құм) 110Г13Л болаттың тиімді беріктенуі болмайды, бұл оның жасалған бөлшектердің тозуына әкеледі. Сонымен қатар, 110Г13Л болатының жетіспеушілігі нашар өңдеу, кесу, сондықтан оның бөліктері жиі өңделмей құю арқылы жүзеге асырылады. Қажет болған жағдайда, кесу құралдары карбидтік құралдарды пайдаланады.

Жоғары марганец аустенитикалық болаттар теміржол көрсеткілерін, экскаватор шелектерінің тістерін, ұсақтағыш конустар мен щеков, шприцтер белдіктерінің байланыстары, әртүрлі фабрикалардың броньды плиталарын жасау үшін қолданылады.

21.5 Метастабильдік хром-марганецтік аустениттік болаттар

Метастабильдік Cr-Mn аустенитикалық болаттар кавитация және байланыс әсеріне байланысты олардың қарсыласуымен сипатталады. Mn-Md температура диапазонында жұмыс істейтін метастабильді аустенит құрылымы бар хром марганец болаттары,

**Термиялық өңдеу режимдері, сахнадағы механикалық қасиеттері
аустенитикалық болаттардың күйі мен кавитацияның тұрақтылығын қамтамасыз етеді**

Болат маркасы, өңдеу режимі	°0,2	А	5	¥	КСУ, Дж/см ²	Массаның жоғалуы , мг, за 10 ч өңделген кавитация жағдайында
	МПа		%	°0		
12Х18Н10Т, қатайту 1 100°С	330	620	44	52	2,4	1 250
30Х10Г10, қатайту 1 070°С	340	790	16	9	1,2	15
03Х14АГ12М, қатайту 1 070° С	450	955	45	49	2,8	150
03Х13НЗГ4, нормализация 950°С	900	1 430	17	56	1,15	160
20Х13НЗГ4, қатайту 1 070°С	320	1 530	24	14	2,3	40

динамикалық тиеу жағдайында жоғары тозуға төзімділік (кавитация, циклдік, контактілі-шок). Қаптама ақауларының төмен энергиясына байланысты мартенситикалық трансформация кернеулердің релаксациясымен бірге қарқынды дамиды. Олардың жұмыс беті 12Х18Н10Т түріндегі хром-никель болаттарына қарағанда әлдеқайда күшті. Мұндай тәуелділік гидроабразивті тозуға төзімділікке тән (21.5-кесте).

Кавитаға төзімді метастабильді аустенитикалық болаттар гидротехникалық қондырғылардың (гидравликалық турбиналар мен гидравликалық сорғылардың, пропеллердің жүздері) және кавитация кезінде тозу жағдайында жұмыс істейтін басқа бөліктерді шығаруға қолданылады. Олардың ішінде электродтар көміртекті болаттардан қорғаныш қабатына немесе де металдарды қаптауға арналған.

Бақылау сұрақтары

1. Көміртектің болаттың тозуға төзімділігіне қандай әсері бар?
2. Легирленген элементтер тозуға төзімді болаттан беріктігі мен ыстыққа төзімділігіне қалай әсер етеді?
3. Роликті жасау үшін пайдаланылатын негізгі топтардың тізбесін келтіріңіз.

МЕТАЛЛ-КЕРАМИКАЛЫҚ ҚАТТЫ ҚОРЫТПАЛАР

Металл-керамикалық қатты қорытпалардың тозуға төзімділігі олардың қаттылығына, икемдеу және қысу кезіндегі беріктік шегі, ыстықтай қаттылыққа, кейбір жағдайларда коррозияға төзімділікке және көлемге төзімділігіне байланысты.

Таза талшықтау үшін талшықтарда алмаз барлық басқа материалдардан жоғары. Дегенмен, үлкен талшықты диаметрлер үшін, ол бетінде жоғары қысымға төтеп бере алмайды және оңай бөлінеді. Соққымен бұрғылау үшін алмаз металды керамикалық қатты қорытпаларға қарағанда аз жарамды. Бор карбиды төмен кернеулігі үшін талшықтауға жарамсыз, ал құмсиялы аппараттар үшін барлық басқа материалдардан асып түседі.

22.1 кестеде. Әртүрлі қатты қорытпалардың икемділігі мен қысылуына арналған қаттылық, беріктік шегі туралы мәліметтер келтірілген. Өте қатты алмаз және бор карбиді салыстырмалы түрде төменгі беріктік сипаттамаларына ие. Кобальт құрамының артуымен икемділік беріктігі бір уақытта қаттылықтың төмендеуімен бірге артады.

22.1 Кесте

**Қаттылық, иілу беріктігі және қысу күші
қатты материалдар мен қатты қорытпалар**

Қатты материалдар, қатты қорытпалар	HV Виккерс бойынша қаттылығы	Иілу кезіндегі беріктік шегі, МПа	Қысу кезіндегі беріктік шегі, МПа
Алмаз	= 8 000*	300	2 000
Бор карбиды**	3 700*	150.300	1 800
Кремний карбиды	3 500*	100	1 000
3 интеркорунды ***	2 800*	250.400	3 000
Вольфрамның күйылмалы карбиды	3 000*	300.400	2 000
Вольфрамның сірінділі монокарбиды	2200*	400.500	3 000
WC с 6 % Co (ірі ноқатты)	1 500... 1 600	1 600.1 800	5 000
WC с 6 % Co (ұсақ ноқатты)	1 600... 1 700	1 400 . 1 600	5 500
WC с 11 % Co	1 300... 1 400	1 600... 2 000	4 600
WC с 13 % Co	1 250... 1 350	1 700... 2 100	4 500

Қатты материал, қатты қорытпа	HV Виккерс бойынша қаттылық	Іілу кезіндегі беріктік шегі, МПа	Қысу кезіндегі беріктік шегі, МПа
WC с 20 % Co	1 050 ...1 150	2 000... 2 400	3 400
WC с 25 % Co	900.1 000	1 800...2 300	3 200
WC с 16 % TiC + + 6 % Co	1 600... 1 700	1 100 ... 1 200	4 300
WC с 14 % TiC + + 8 % Co	1 550... 1 650	1 300... 1 400	4 200
WC с 5 % TiC + + 9 % Co	1450... 1 550	1 500.1 600	4 600

* Микро қаттылық.

** Тасымалдау немес ыстық сығымдау

*** Сығылған немесе ыстықтай басылған

Осылайша, қаттылық, иілгіш кезіндегі беріктік, ыстыққа төзімділігі және микроқұрылым тозу жағдайында маңызды фактор болып табылады. Қаттылықты байланыстырушы заттардың мөлшерін немесе карбид пен байланыстырушы фазалардың дисперсия дәрежесін өзгерту арқылы реттеуге болады. Икемділік кезіндегі беріктік шегі, қаттылықтағы сияқты, көбінесе байланыстырушы заттардың мәніне байланысты.

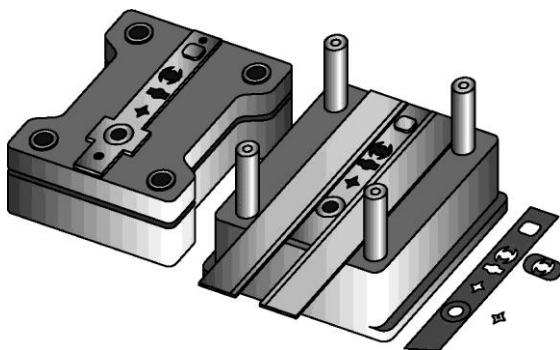
22.2 Кесте

**Қатты қорытпаларды тозуға төзімді материал
ретінде қолдану аясы
материалдар**

Өнеркәсіп түрі	Қолдану аясы
Сызбалы өндіріс	Құбырларды тартуға арналған дөңгелек және пішінделетін материалға, өлшеуіш және шыбықтарға, суреттерге және шпиндельдерге, губкаларға, саусақтарға, дұрыс роллдарға, тартқыштар, илектеу роликтері, балғамен щеткалары, салқындатылған өліктер, кескіш пышақтар мен картридждер
Парақтық металды илеу және өңдеу	Кесу құралдары, штамптау құралдары, терең кескіндеу үшін өлшенген, өлшенген өліктер, металл кесетін қайшылар, жиектердің иілу орамдары, жиналмалы роликтер, иілу жолақтары, суық илемдеуге арналған дәл роликтер, ұстараның қаттылығын нығайту үшін салқындатқыш ұстара

Өнеркәсіп түрі	Қолдану аясы
Өлшеу құралдарын өндіру	Бринелл шарлары, Викерс пирамидалары, қалыңдығын өлшейтін аспаптар, өлшеу аспаптары, контактілі майлықтар, планиметрлер үшін өлшеуіштер
Химиялық өндіріс	Агрессивті сұйықтықтар мен дымқыл шламдар, центрифугалық разрядтар және қырғыштар, жоғары қысымды шүмектер үшін жоғары қысымды клапандар, корпустар, сақиналар мен клапан орындары
Кен өндіру	Бұрғылауға арналған дауыс зорайтқыштар, соққыға арналған бұрғылау құралдары, балық түріндегі борлерлер, тегістеуіш шарлар, тас бұрғылау биттері, ұсақталған тас балғалары, тас кесу біліктері
Керамика өндіру	Керамикалық массалар үшін матрицалар, кірпішке арналған қалыптар, белбеу престеуі үшін матрицалар, шыны айналдыру шұңқырлары, стақандар
Ұнтақты металлургия	Металл ұнтақтарын, калибрлі кірпіктерді және шыбықтарды, карбидтермен өңделген диірмендерге арналған қалыптар мен пышақтар

Ыстыққа төзімділікті байланыстырушы заттардың мәнін азайту немесе карбидте не байланыстырушы фазада қатты ерітінді қалыптастыру арқылы көбейтілуі мүмкін. WC негізінен TiC, TaC, TaC - NbC, VC, Mo₂C және кобальтқа қосылады - аз мөлшерде Fe, Ni, Cr немесе Mo.



Сурет. 22.1. Қатты тұтқырланған бөлшектерді кесу үшін күшейтіледі
Электр қозғалтқыштарының статорлары мен роторлары үшін табакты болаттан жасалған Lei

Металл-керамикалық қатты қорытпалардың жоғары қаттылығы мен тозуға төзімділігі оларға көптеген қолдану аймақтарын ашты (22.2-кесте).

Сурет 22.1-де қатты қорытпаны күшейтетін қалдықтар көрсетілген.

Бақылау сұрақтары

1. Металл-керамикалық қатты қорытпалардың тозуға төзімділігі неге байланысты?
2. Металл-керамикалық қатты қорытпалар неден тұрады?
3. Қатты қорытпалардағы карбидтік бөлшектерді байланыстыру үшін қандай элемент қолданылады?
4. Қатты қорытпалардың қаттылығы қалай реттеуге болады?
5. Кобальттың мазмұнын берік қатты қорытпалардың беріктігі мен қаттылық сипаттамаларына әсері қандай?
6. Қатты қорытпаларды қолданудың негізгі бағыттары қандай?

АНТИФРИКАЦИОНДЫҚ МАТЕРИАЛДАР

Машина двигательдерін жасағанда тербеліс подшипниктері мен жылжу подшипниктері пайдаланылады. Оларды дайындау үшін антифрикациялық қорытпаларды қолданады.

Сырғу подшипниктері тербелістерге төзімді, көлемдері онша үлкен болмайды және жұмыс кезінде дыбыс есітілмейді, шу болмайды. Сырғу подшипниктеріне материалдың сырғу кезінде үйкеліс коэффициенті төмен және бөлшектердің тозу жылдамдығы өте аз болуы қажет деген негізгі талаптар қойылады.

Бұл талаптардың орындалуына сырғу подшипниктерінің білікке қосылуы, майлау материалдарымен майлануы және жылу өткізгіштігі қасиетінің ұлғаюы ықпал етеді. Подшипниктердің білікте орнықты болуына үйкеліс кезінде материалдың жеңіл серпімді деформациялануы және оның нақты байланыс аумағының ұлғаюы әсер етеді.

Бұл үйкеліс кезіндегі подшипникке түсетін қысым мен температураның төмендеуіне әкеледі.

Подшипниктік материалды бағалаудың көрсеткіштері ретінде үйкеліс коэффициенті мен мүмкін болатын жүктеме –жылдамдық сипаттамасы алынады: p қысым – тірекке әсер етеді, V –жылжу жылдамдығы, pV –үйкелістің үлес салмағын анықтайтын параметрлер болып табылады. Pv параметрінің мүмкін болатын мәні ұлғайған сайын, материалдың қыздыру температурасы төмендеу қасиеті жоғарылап, майлану қасиеті де бір деңгейде сақталады.

Жылжу подшипниктерін дайындау үшін металл материалдар, металл еместер, кешенді (қоспалы) материалдар және минералдар (жартылай бағалы және бағалы тастар) пайдаланылады. Материал подшипниктердің майлану режимі мен жылжу тірегінің жұмысына қарай таңдалады.

23.1. Металлдық материалдар

Металл қорытпалардың антифрикациялық қасиеттерінің жоғары болуы олардың гетерогенді құрылымымен қамтамасыз етіледі. Металл материалдар құрылымы жағынан екі түрге бөлінеді:

- бір қалыпты жұмсақ және қатты қосылыстары бар қорытпалар;
- қатты қалыпты және жұмсақ қосылыстары бар қорытпалар.

Бірінші түрдегі қорытпаларға баббиттер және құрамында мыс –қола және латун бар қорытпалар жатады. Оның құрамындағы жұмсақ қалыптар подшипниктік материалдардың қорғаныс реакциясын қамтамасыз етіп қана қоймайды, сонымен бірге үйкелісті күшейтеді, жақсы сіңісу және үйкеліс пен жылу өткізгіштікті де жақсартады.

(МОСТ 1320-74) Баббиттердің химиялық құрамы және қызметі

Баббит Маркасы	Құрамы , %					Жұмыс шарты және қызметі
	Sn	Sb	Си	РЬ	Басқалары	
Б88	негізі	7,3 ...7,8	2,5...3,5			Ұлғайған жылдамдық және жоғары серпімді жүктеме жылдам жүретін және орта айналысты дизельдер подшипниктері
Б83	негізі	10...12	5,5...6,5			Үлкен жылдамдық және орташа жүктемелер. Турбина подшипниктері, айналысы аз дизельдер, кемелердің есу біліктері
Б83С	негізі	9...11	5...6	1... 1,5		Үлкен жылдамдық және орташа жүктемелер. Турбина подшипниктері, айналысы аз дизельдер
БН	9...11	5...6	1,5...2	1... 1,5	0,1... 0,7 Cd 0,1... 0,5 Ni 0,5 ...0,9 As	Орташа жылдамдық және орташа жүктемелер. Компресорлар подшипниктері
Б16	15...17	15...17	1,5...2	Қалғаны	—	Электротасымалдаушы, жол машиналарының моторлық подшипниктері
БС6	5,5...6,5	5,5...6,5	0,1...0,3	Бұл да	—	Автомобильдердің двигательдерінің подшипниктері

жақсартады. Білік тірелетін қатты қосылыстар тозуға төзімділікті қамтамасыз етеді. Майлау материалдарын ұстайтын оңтайлы антифрикациялық кең микроорта құрылады.(Шарпи қағидасы деп аталады).

Баббиттер - қалайы мен қорғасын негізді жұмсақ антифрикациялық материалдар(300 НВ) болып табылады. Антифрикациялық қасиеттері жағынан олардың өзге қорытпалардан артықшылығы жоғары болғанымен,қажуға кедергі көрсету жағынан кем қалады. Тұтқырлығы бар баббиттер өзге қатты бөлшектерді біліктердің соқтығысып қалуын болдырмай сіңіреді.

23.1 кестеде баббиттердің құрамы мен негізгі қызметі көрсетілген.

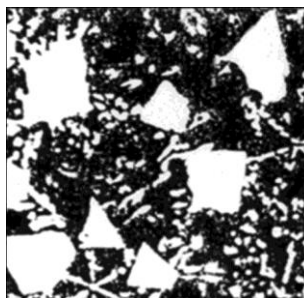
Қалайы бағасының қымбат тұруына байланысты, баббиттердің жұқа қабатын тек ең жауапты қызмет атқаратын үлкен жылдамдық пен күш түскен кезде жұмыс істейтін подшипниктер дайындау үшін қолданады.

Жеңіл жұмыстар үшін қалайының орнына қорғасыннан жасалған баббиттер пайдаланылады. Мысалы, Б16 баббитінің иілгіштігі аз және жұқа материал болғандықтан жоғары күш түсетін, жүктемесі жоғары машиналарда қолданылмайды.

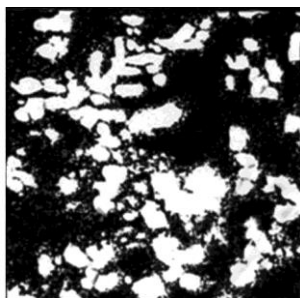
23. 1 суретте Б83 баббитінің микроқұрылымы көрсетілген. Түсі сұр –қоңыр болып келетін Sb және Cu қалайының қатты а-ерітіндісінің жұмсақ негізінде SnSb р- фазасының ірі ашық түсті квадрат кристалдары мен Cu_2Sn қосылыстарының кристалдары таралады.

Баббиттердің антифрикациялық және механикалық қасиеттерін никель, кадмий және мышьяк қоспаларын енгізу арқылы ұлғайтуға болады.

Кальцийлі баббиттер БК теміржол көлігіне қолданылады(вагон пошипниктері, дизельдің иінді біліктері). Қорғасын негізді БКА қорытпасында 0,95...1,15 % Ca, 0,7...0,9 % Na болады. Мұндай баббиттердің жұмсақ Ca қатты а –ерітіндісі мен қорғасындағы Na құраса, ал қаттысында Pb_3Ca кристалдары құрайды.



а



б

Сурет 23.1. Б83 (а) және БКА (б) баббиттерінің микроқұрылымы

Қорытпаларға Al, Mg және Sn аз мөлшерін қосу қатты ерітіндінің тығыздануына ықпал етеді.

Кальцийлі баббитердің микроқұрылымы қатты а-ерітіндінің қара негізі мен ашық түсті қатты Pb3 кристалдары қоспаларынан тұрады.(23.1 б. Сур).

Баббитің беріктігі төмен болғандықтан подшипниктің қосымшаларын биметалл ленталардан –болаттан –штамптау арқылы немесе ортаны айналдыра құю немесе қысым астында қорабын болаттан, шойыннан немесе қоладан құю арқылы жасайды.

Қоладан жасалатын қосымшалар жауапкершілік көп түсетін жылдам қозғалатын двигательдерге, қысымның үлес салмағы жоғары болатын және динамикалық күш көбірек түсетін подшипниктерге салынады,

Қоладан жасалатын подшипник қосымшаларына қалайы және қорғасынды қолалар пайдаланылады, мысалы, БрОС8-12 (8% Sn, 12 % Pb), БрОС5-25 (5 % Sn, 25 % Pb), БрС30 (30 % Pb) маркалы қолалар. Қалайылы қолалардың қатты ерітіндісі жұмсақ негіз ретінде пайдаланылады(тегістікте ол сұр домалақ дендрит түрінде), ал (a + +b) – эвтекоид (ашық түсті бөліктері) –қатты қоспалар түрінде болады.

Таза қорғасынды қоланың (БрС30 (70 % Cu, 30 % Pb) жұмсақ мыс негізді құрамында қорғасынның өте жұмсақ қосылыстары болады, ал оның қорғасыны мыста ерімейді. Мұндай антифрикациялық қорытпалардың төзімділігі, иілгіштігі мен жылу өткізгіштігі жоғары болады. Олардың басты кемшілігі – бғасының жоғары болуы және салыстырмалы түрде қарағанда механикалық беріктігінің төмендігінде болып тұр. Сондықтан кейде қоланы болаттан жасалған лентаға дәнекерлейді. Дәнекерлеу жұмыстары қорғанысы бар атмосферада өткізіледі.

Соңғы кездерде қоланы ұнтақталған антифрикациялық материал құрылымы немесе жұқа қабырғалы кеуекті майлау материалдарын сіңірген қаптамалар ретінде кеңінен қолданылады.

Латундарды қоладан жасалған үйкеліс тіректернің орнына қолдануға болады, бірақ олар антифрикациялық қасиеттері жағынан қолалардан қалыс қалады. Екі фазалы ЛЦ16К4, ЛЦ38Мц2С2, ЛЦ40Мц3А латундар және өзгелері (МОСТ 17711—93) сырғу жылдамдығы төмен болғанда (2 м/с-тен төмен болғанда) және жүктеме күш аз түсетін жағдайларда қолданылады. Оларды деталь тіректерінің үйкелісі үшін пайдаланады. Қола мен латунның қасиеттері 23.2 кестеде көрсетілген. Екінші түрдегі қорытпаларға құрамындғы графит жұмсақтық қасиет беретін сұр шойындар жатады.Қысым аз түсетін және сырғу жылдамдығы төмен болған жағдайларда сұр түсті шойындар СЧ15, СЧ20 және легирленген антифрикациялық сұр АЧС -1, АЧС -2, АЧС-3 шойындары және беріктігі жоғары АЧВ -1, АЧВ -2, соғуға төзімді АЧК-1, АЧК -2 шойындары пайдаланылады. Ілеспе детальдардың тозуын азайту үшін шойынның қаттылығы подшипник ішіндегі болаттан құйылған мойындық (цапфа) қаттылығынан төмен болуы керек.

23.2 кесте. Антифрикациялық қола мен латунның сипаттамасы

Материал	нв	Болат бойынша үйкеліс коэффициенті		Жұмыстың мүмкін режимі		
		Майлау материалдары жоқ	Майлау материалы бар	P, МПа	V, м/с	pV, МПа ■ м/с
Қолалар:						
БрО10Ф1	1 000	0,1. 0,2	0,004... 0,009	15	10	150
Бр05Ц5С5	600	0,1. 0,2	0,004... 0,009	8	3	24
БрС30	250	0,1. 0,2	0,004.0,009	25	12	300
Латундар:						
ЛЦ16ЛК4	1 000	0,15. 0,24	0,009.0,016	12	2	24
ЛЦ38Мц2С2	800	0,15. 0,24	0,009.0,016	10,6	1	10,6

Шойындардың сіңіріп алуға бейімділіктің төмен болуы және бағасының арзандығы басты жетістіктері болып саналады. Шойынның кемшін тұстарына қорытылуының нашар болуы, ұру соққыларына төтеп беруінің төмен болуы жатады. Антифрикациялық шойындар майланған үйкеліс болатын түйіндерде жұмыс жасайтын детальдарды дайындауға арналады.

23.3кестеде антифрикациялық шойындар түрлері, олардың қасиеттері мен пайдалану жолдары көрсетілген.

23.3. кесте Антифрикациялық шойындар таңбалары, олардың қасиеттері мен пайдалануы(ГОСТ 1585—85)

Шойын таңбасы	Қасиеттері мен пайдалануы
АЧС-1	Перлитті шойын, хроммен (0,2.0,5%) және мыспен (0,8.1,6 %) легирленген; шынықтырылған немесе қалыпты білікпен жұмыс жасайтын детальдарды жасауға арналаған
АЧС-2	Хроммен (0,2.0,5 %), және никельмен(0,2.0,5 %), титанмен(0,03.0,1%), және мыспен (0,2.0,5 %); легирленген перлитті шойын; пайдалануы - АЧС-1 шойыны секілді
АЧС-3	Титанмен (0,03.0,1 %) және мыспен (0,2...0,5 %) легирленген ферритті – перлитті шойын; бұндай шойыннан жасалған детальдар «шикі», сонымен бірге термиялық өңдеуден өткен білікпен жұптасып, бірігіп жұмыс жасайды.
АЧС-4	Сүрмемен (0,04.0,4 %) легирленген перлитті шойындар шынықтырылған немесе қалыпты білікпен жұптасатын детальдарды дайындауға пайдаланылады.
АЧС-5	Марганецпен (7,5.12,5%) және алюминиймен (0,4...0,8 %) легирленген аустенитті шойындардан шынықтырылған білікпен ерекше күш түсетін үйкеліс түйіндерінде жұптасып жұмыс жасайтын детальдар дайындалады.

Антифрикционная шойинның құрылымдық сипатын құрамында цеменит пен фосфидті эвтекид бар перлитті және перлитті – ферритті негіз құрайды. Шойинның кеуектілігі, саңылаулар----+++-дың болуы майды сіңіруге ықпал етеді, графит майлаушы материал қызметін атқарады.

Шойин маркаларының әріптері мынадай: АЧ — антифрикционная шойин, С — пластика графитті сұр шойин, В — шар тәрізді графитті қаттылығы жоғары шойин, К — үлпек графитті қақтауға төзімді шойин. Антифрикционная шойиндар құймасының қаттылығы (100 –ден 290 НВ) құрамындағы элементерге және термиялық өңдеу жағдайына байланысты. Үйкеліс түйіндерінде мұндай шойиндардан жасалған детальдардың жұмыс режимінің шектеуі мынадай қысымның үлесі $(50...300) \cdot 10^4$ Па ($5... 300$ кгс/см²), айналым жылдамдығы 0,3... 10 м/с болады.

Мұндай подшипниктер ауыр жұмыстарға салынады, беткі қабаттары салқындататын және жұмсартатын сумен шайылады.

Полимерлерден ПС10, капрон және фторопласт кеңінен қолданылады. Полимерлердің үйкеліс коэффициентінің төмендігі, тозуға төзімділігі жоғары, коррозияға қарсылығы жоғары болатын жетістіктері бар.

Фторопласттың антифрикациялық қасиеттері ерекше, болаттың үстіңгі бетінде майлаусыз үйкеліс коэффициенті 0,04...0,06 құрайды. Алайда фторопласт артық күш түскенде, барлық полимерлер секілді «ағады», жылуды аз өткізеді. Олар шектеулі күш пен жылдамдықта ғана пайдаланылады. Сондықтан фторопласттың жоғары деңгейлі антифрикациялық қасиеттерін өзге материалдармен қоспасы ретінде алып жүзеге асырады және оны жұқа қаптама немесе толтырғыш ретінде пайдаланады.

Металлфторпластты подшипниктердің антифрикациялық қасиеттері жоғары (200.280 °C; $f = 0,03..0,1$; $p_v = 150 \text{ МПа} \cdot \text{м/с}$) болады. Оларды майлаусыз жұмыс жасайтын үйкеліс түйіндеріне қолданады. Олардың вакуумда, майлаусыз сұйық ортада, жұмсақ материалдарға тез бататын қасиеті бар. Мұндай подшипниктерді машина жасау және авиация өндірісінде қолданады.

Майлаушы подшипниктер ұнтақ металлургия әдісімен алынады. Мұндай антифрикациялық материалдардың ерекшелігі оларда сұйық маймен сіңген кеуектің болуы (8.27% көлемінде). Мұндай материалдардың металдық негізін - темір, болат, мыс, қола, никель құрайды. Сонымен бірге, пісірілген материалдар құрамында қатты майлаушы қызметін атқаратын (графит, сульфидтер, селенидтер және т.б.) материалдар болады. Бұл және өзге де ерекшеліктер пісірілген материалдардың пайдалану қасиеттерін көрсетеді. Пісірілген материалдардың тозу төзімділігі қоланың, латунның және биббиттердің тозу төзімділігінен 1,5 -3 есе жоғары (үйкелу коэффициентінің мәндері бірдей). Пісірілген материалдарды үстіңгі бетіне шынықтырылған немесе шынықтырылмаған болаттармен қосып пайдалануға болады. Түсті металл негізді антифрикациялық материалдардың құймасын темір негізді пісірілген материалдармен ауыстыру бұйымдардың әрбір мың тоннасынан 3,3,5 млн рубль үнемдеуге мүмкіндік береді. Пісірілген антифрикациялық материалдарды темірграфитті, металлграфитті және қолаграфитті материалдар деп бөлінеді.

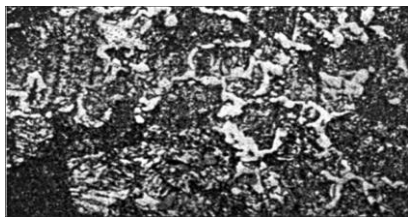
Темір негізді пісірілген материалдар (23.4 кесте) бос құрылымды графиттен, сульфидтен және кеуек құрамды перлит пішінді болады.

ЖГрЗЦс4 и ЖГрДс3,5 маркалы мырыш сульфиді немесе мыс сульфиді темірграфитті материалдар түсті металл негізді антифрикациялық материалдарды ауыстыра алады, оларды жылдам айналатын детальдарды жасауға пайдаланады.

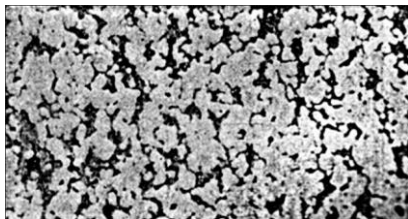
23.4 кесте. Пісірілген антифрикациялық материалдардың химиялық құрамы, кеуектілігі және микроқұрылымы

Материалдың таңбасы	мазмұны, %			кеуектілігі, %	Микроқұрылымы
	темір	графит	сульфидтедіні		
Ж	100	—	—	12... 15	Ф + кеуектілік
ЖГр1	99	1	—	12 . 25	Ф + П + кеуектілігі
ЖГр2	98	2	—	15... 25	П + Ф + Гр + +кеуектіліктер
ЖГр3	97	3	—	15 . 25	П + Гр + Ц ++ кеуектілік
ЖГр3К1	96	3	1	15... 25	П + Гр + сульфид +кеуектер
ЖГр2Д2,5	95,5	2	2,5	15... 20	П + Гр + Ц ++ кеуекте
ЖГр1,5Д5	93,5	1,5	5	20.25	П + Гр + кеуектер + мыс
ЖГр2Д10	88,2	1,8		20.27	П + Гр + мыс + кеуектер
ЖГр1Цс4	95	1	4	15.20	П + Гр + сульфиды + кеуектер
ЖГр3Цс4	93	3	4	15.20	П + Гр + сульфиды + поры
ЖГр(1—2) Дс3,5	94,9...95,5	1.2	3,5	15.25	П + Гр + сульфиды + кеуектер
ЖГр3М15	82	3	15% Мо	15 . 25	П + Гр + кеуектер
МГ10ЖН1К	Основа — сплав Fe — Ni (1:1)	10	2,5	8.15	Темірдің қатты ерітіндісі + + никель + Гр ++ сульфидтер
Х23Н18КБ	Основа — сталь Х23Н18		10... 25	20.25	Ф + бориды ++ сульфиды ++ поры
Х18Н15КБ	Основа — сталь Х18Н15		10... 25	20.25	Ф + борлар ++ сульфиды ++ поры

Ескерту. Ж — темір; Гр — графит; К — күкірт; Д — мыс; Н — никель; Цс — мырыш сульфиді; Дс — мыссульфиді; М — молибден; МГ — металлографит; Х — хром; Б — бор; Ф — феррит; П — перлит; Ц — цементит.



Сурет 23.2. 500 рет ұлғайтылған мырыш сульфиді құрамды ЖГрЗЦс4 маркалы лген темірграфитті антифрикациялық материалдың құрылымы



Сурет 23.3. 1000 рет ұлғайтылған мырыш сульфиді мен графит құрамды МГ10ЖН1К (темірникель құрамды) маркалы пісірілген антифрикациялық материалдың құрылымы

ЖГрЗМ15 маркалы темірграфитті материал 400°C температураға дейін пайдаланыла береді. Егер сыргу (айналу) жылдамдығы жоғары болса, оның тозуға төзімділігі ЖГрЗЦс4 маркалы материалдың тозуға төзімділігінен екі есе жоғары болады. Графит пен мырыш сульфидінен (23.3 сур) тұратын МГ10ЖН1К маркалы металлграфитті материал (негізін темірникель құймасы құрайды) тексолитке, графитопластқа, көмірграфитке қарағанда тозу төзімділігі төмен (2-5 рет) болады.

Ол суда (жуынатын ванналардың үйкелу тіректерінің түйіндерінде) пайдалануға арналған. Х23Н18 және Х18Н15 маркалы коррозияға төзімді болаттардан жасалған сульфидті және сульфоборланған материалдардың коррозияға қарсылығы, беріктігі мен ыстыққа төзімділігіне байланысты химия және металлургиялық машина жасау өнеркәсібінде пайдаланады.

23.1. Минералдар

Минералдар — табиғи (агат) және жасанды (рубин, корунд),сонымен бірге олардың орнын басушылар — ситаллдарды (стеклокристалл материалдар) тас тіректер ретінде сыргу подшипниктеріне (сағаттарға, гироскоптарға, тахомерлерге) пайдаланылады. Мұндай тіректердің — басты жетістігі - үйкелістің төмен және қалыпты болуында. Үйкелістің төмен болуы тіректер көлемінің шағын болуына байланысты және минералдардың адгезиясының әлсіздігі үйкеліс күшінің әсері азаяды.

Үйкеліс мерзімінің тұрақтылығы минералдардың жоғары беріктігіне және жоғары қысымға төтеп беруіне байланысты болады.

23.2. Керамикалық материалдар

Керамиканы үйкеліс материалы ретінде пайдалану олардың ерекше қасиеттеріне байланысты: қаттылығы жоғары, химиялық инерттілі, тығыздығы төмен, термиялық кеңею коэффициенті төмен, қыздыру кезінде беріктігін сақтайды. Олардың негізгі кемшіліктеріне оның морттығы мен механикалық өңдеудің күрделілігі жатады және оған еңбек күші көп жұмсалады. Үйкеліс беті морт сынғыштығына және қажу процестеріне қарай жылдам тозады. Сонымен бірге, үйкеліс жұбының трибохимиялық сипаттарына қыздыру әсерінен күшейе түсетін қоршаған орта әрекеті де біраз ықпал етеді.

Жоғары температурада үйкеліс түйіндерінде, сонымен бірге вакуумда қолдануға Ti1-xNbxCo0j5N0j5 и TiB2TiNx жүйелерінің керамикалары ыңғайлы. Металдық байланыс жасау үшін Co, Ni, Mo, Cr пайдаланылады.

Байланыс құрамының ұлғаюы тұтқырлық пен беріктікті ұлғайтады, сонымен бірге керамиканы пайдаланудың шектеулі температурасы мен оның тозу төзімділігі төмендейді.

Триботехникалық керамика ретінде металл емес оттегісіз тығыз құймалардан Si3N4, SiC, B4C, AlN, Al2O3, ZrO2 қосылыстар пайдаланылады. Триботехникалық керамикалардың негізін құратын B4C бор карбиді жоғары қасиеттерге ие. Бор карбиді ковалентті байланысты қосылыс, оның қаттылығы жоғары, химиялық инертті, тығыздығы төмен және еріту температурасына жақын температураға дейін ыстыққа төзімділігімен ерекшеленеді. B4C — BN, B4C—Al2O3, B4C — SiC түріндегі құрамында бор карбиді бар керамикалық триботехникалық материалдардың болашағы зор. 1000.... 1500°C температурада пісірілген карбид ұнтағы мен бор нитридінің қоспасының үйкеліс коэффициенті $f = 0,2$ деңгейінде болады.

Сығу мен тербелістің керамикалық подшипниктері жылдамдық, күш түсу және температура жоғары, әр алуан кедергілерге төтеп беруге тура келетін абразиттік бөлшектер құрамды жағдайда жұмыс жасайды. Осындай жоғары деңгейдегі сипаттамалары оларды ерекше күрделі етеді және күш көп түсетін двигательдерге пайдалануға мүмкіндік береді.

Бақылау сұрақтары

1. Антифрикациялық материалдарды қандай подшипниктер үшін пайдаланады?
2. Сығу подшипниктеріне қойылатын талаптар қандай?

3. Сырғу подшипниктерінің білік материалдарына жақсы сіңісіп кетуін не қамтамасыз етеді?

4. Сырғу подшипниктері материалдарын бағалаудың негізгі көрсеткіштерін атап өтіңіз.

5. Антифрикациялық материалдардың негізгі топтарын атаңыз.

6. Металл антифрикациялық материалдарды құрылымы бойынша қалай ажыратады?

7. Баббит деген не?

8. Баббиттің антифрикациялық және механикалық қасиеттерін ұлғайту үшін қандай легирлеуші элементер енгізеді?

9. Сырғу подшипниктеріне қола, латун, шойын пайдаланудың ерекшелігі неде?

10. Сырғу подшипниктерін дайындау үшін қандай пластмассаларды пайдаланады?

11. Ұнтақ металлургия әдісімен алынатын сырғу подшипниктерінің ерекшелігі неде?

12. Тас тіректер ретінде қандай материалдар қолданылады?

13. Үйкелу түйінінде пайдаланылатын керамикалық материалдардың қандай қасиеттері бар?

14. Сырғу және тербелу керамикалық подшипниктерінің негізгі жетістіктерін атаңыз.

НАНОҚҰРЫЛЫМДЫ ҚАПТАМАЛАР

24.1. Наноқабықтар мен наноқаптамалар өнгізу технологиясы

Нанотехнология нысандарына көлемдері 1-ден 100-ге дейінгі нм болатын материалдар жатады. Қатты фазалы денелердің үстіне наноқұрылымдарды синтездеу мынадай әдістермен жүзеге асырылады:

- Молекуларлы сәулелік эпитаксия әдісімен;
- Газдық кезеңнен химиялық және физикалық қоршаулау жасау;
- Ленгмюр-Блоджетт қабығы технологиясымен;
- Молекуларлы қабат жасау арқылы.

Молекуларлы сәулелік эпитаксия (МЛЭ) қажетті температураға дейінгі қыздырылған төсеніш бетіне ұрылғанда терең вакуумда буланатын молекуларлы немесе атом шоғырының тұнбасы өте жұқа қабықтың түзілуін қамтамасыз етеді. Түзілетін қаптама қалыңдығы таңдалған температура мен буланған зат қоспасында реагентті өткізу уақытымен анықталады. Қаптаманың ұлғаюын тоқтау мақсатында буланатын материал шоғыры жолына механикалық кедергі қояды. МЛЭ тек терең вакуумда жүзеге асыруға болатын вакуумдық булану процесі нәтижесінде жұқа қаптама алу әдісін білдіреді.

МЛЭ әдісімен электрондық өнеркәсіпте галлий мен алюминий арсениді монокабаттарының құрылымдары синтезделген.

Жұқа қаптамалар CVD- және PVD (химиялық булау және физикалық булау кезеңі) процестері негізінде, термиялық және иондық буланудан соң төсенішке заттың шоғуінен жұқа қаптамалар алуға болады. Плазма компоненттері қоршағанда оны құрайтын нанокластерлерінің қаптама қалыңдығы мен көлемі газ қысымы мен көрсеткіштері өзгүімен реттеледі. Мысалы, тәжірибеде көп пайдаланынылатын титан нитриді мен карбидінің қаптамаларын иондық тұндыру жолымен алады және бұл қаптаманың нанокристалды құрылымдарының түзілуіне әкеледі. Магнетронды шашырату төсеніш температурасын бірнеше жүз градусқа төмендетуге мүмкіндік береді.

Төсенішті 50...250 °С дейінгі шамамен ғана қыздыру - магнетронды шашырату технологиясының жетістігі болып табылады. Бұл кез-келген материалға қаптама отырғызуға мүмкіндік береді. Сонымен бірге, бұл технология тығыздығы әр алуан деңгейдегі қатты және өте қатты наноқұрылымдық қаптамаларды отырғызуға мүмкіндік береді.

Ti—Si—B—N жүйесі қаптамасының қаттылығы магнетрондық шашыратуда 20 дан 40 ГПа-ға дейін ұлғаяды.

Ленгмюр—Блоджетт тұнбасы әудетте су бетінде ПАВ көмегімен түзіледі. ПАВ қабатына молекулалар мен металдар жиынтығы енгізіледі, содан соң қатты төсенішке көшіру өтеді. Бұл әдіспен молекулалар мен нанокластерлерді қабаттау тәртібімен тор үстінен және наноқабат үстінен алуға болады.

Молекулаларлық қабаттану әдісі төсеніш бетінде хемосорбация актілерінің кеңістікте және мерзімдік ыдырау жолымен заттың химиялық жинақталу тәсілімен наноқабат түзуін білдіреді, мысалы, SiO_2 немесе Al_2O_3 .

Бастапқыда төсеніш беті түрленеді, мысалы, ОН немесе О топтары, сонан кейін металдар жиынтығы қатысуымен хемосорбация реакциясы жүреді.

Қатты денелердің үстіңгі бетін бор, титан атомдарымен өңдеу, азоттау және гидридлеу ертеден бері қолданып келе жатқан, бетіне металдың, мысалы темірдің бетіне берік жұқа қаптама құрудың әдісі болып табылады және бұл тәжірибеде көп қолданылады.

Заманауи материалтануда тез дамып келе жатқан бағыттардың бірі –инженерия болып табылады, ол ғылым мен техниканың әр алуан саласында, физикада, химияда, медицинада, машина жасауда, металлургияда және т.б. қолдныс тапқан. Қазіргі кезде – трибология – нанотрибология –үйкелісті, тозуды, майлануды, химиялық белсенділікті және нанокұрылымдық деңгейде үстіңгі бетінің трибозлектромагнетизмін сараптамалық және теориялық тұрғыда зерттеуді біріктіретін жаңа сала дамып келеді. Мұндай кешенді жолмен зерттеу заманауи материалтанудың маңызды міндетін – үстіңгі бетінің майлану және коррозияға қарсы қасиеттері бар нанокұрылымдық металл материалдардың құрылымының шешімін табуда өте маңызды.

Өнеркәсіптік деңгейде алғашқы қаптамалар титанның карбиді мен нитридінен жасалған қаптамалар игерілді. 1980 жылдың ортасына қарай Ti(C, N) негізді, 1990 жылдың басында – көміртекті қаптамалар, ал 1990 жылдың ортасына қарай –алмаз және көпқабатты қаптамалар пайда бола бастады.

Көп кешенді нанокұрылымды қаптамалардың физикалық –механикалық қасиеттері өте жоғары болады. Нанокұрылымды материалдарда түйіршіктердің жиектік беті маңызды роль атқарады. Бұл нанокөлемге жаңа физикалық құбылыстар мен ерекше қасиеттер береді. Өте қатты ($H > 40$ ГПа) және ($H > 70$ ГПа) ультра қатты нанокұрылымдық жұқа қаптамалар алу үшін матеариал қаттылығы түйіршік көлемі 5 нм болатын бірнеше негізгі кешендерден тұратын материалды алуда жасалған жұмыстар нәтижесі табиғи алмаздың қаттылығы деңгейіне дейін жете алады.

Қаптамалардың тозуға төзімділігі жылдам кесетін болаттың тозуға төзімділігінен артық және титан нитридінен жасалған қаптамалардан 2-3 есе жоғары болады. $Ti-B-N$, $Ti-Si-B$, $Ti-B-C-N$, $Ti-Al-Si-N$ типті ультрақатты және төрткомпонентті жұқа қаптамалар қаттылығы мен тозуға, коррозияға төзімділігінің жоғарылағымен сипатталады.

Жұқа көпкомпонентті қаптамалар реактивті ортаны қолдану нәтижесінде әр алуан физикалық шашыртау және тұндыру жолымен алынады.

Конструкциялық және құрал –жабдықтық материалдардың беткі қабатында нанокұрылымдық қаптамалардың түзілуі детальдардың статистикалық және қажу беріктігін ұлғайтады.

Функционалдық –градиенті қаптамалар үйкелетін жұптың қысымын төмендететін, ұнтақталу мен сызат түсуге төзімді ішкі қатты қабаттан тұрады. Майлаушы қаптамалар әр алуан ғарыш аппараттарында кеңінен қолданылады.

Алайда ауамен қосылыста олар қышқылданатын болғандықтан, $MoSe_2$ және MoS_2 материалдарын кесу құралдары мен өңдеу құралдарын жасауға пайдалануға шектеу қойылған. Коррозияға төзімділікті ұлғайту үшін үйкеліс коэффициенті төмен қатты көпнегізді қаптамалардың TiB_2 титан дибориді мен MoS молибден дисульфиді тұнбаларын пайдаланады. Мұндай қаптамалардың қаттылығы 20 ГПа және үйкеліс коэффициенті 0,05 деңгейінде болады.

Тозуға төзімді полимер қаптамалар ішінде полиуретандар, пентапласт, политетрафторэтилен, полиамидтер, эпоксидті үлгілері жиі пайдаланылады.

Ішкі полиуретанмен қапталған құбырлар абразивті тозуға жақсы қарсылық көрсетеді. Полиуретанды эластомерлермен толтырылмаған қаптамалар эрозия түзілуіне қарсылығы қасиеті жағынан бірқатар коррозияға төзімді материалдар үлгілерінен басым түседі.

(ПВДФ) поливинилденфторид тозуға төзімді материалдардың бірі болып табылады. Оны сору агрегаттарының қаптамалары ретінде, агрессивті ортадан сұйықтарды қотаратын (күю) сорғыларды дайындауға пайдаланады. Қаптамалардың тозуға төзімділігін ұлғайтудың тиімді тәсілдерінің бірі – полимер үлгілерді органикалық емес және минералдық толтырғыштармен түрлендіру, мысалы, молибден дисульфидімен, талькпен, аморфты бормен, кремний карбидімен түрлендіру арқылы.

Қаптамалардың тозуын төмендетуге полимер үлгілерін беріктігін, жылуға төзімділігін және полимердің өзге де қасиеттерін ұлғайтатын шыны талшықтарымен, графитпен, цементпен, әкпен, маршалитпен толтыру қажет.

Қаптамалардың эпоксидті қарамай және құрамында жалпы темірдің 60 % болатын қара металлургия өнеркәсібі қалдықтары - шлам негізді полимерлік тозуға төзімділігін пайдалану тиімді. Өнеркәсіп қалдықтары –шлам – шикізат көзін кеңейтеді, қаптама бағасын арзандатады, оның коррозия –эрозияға қарсылық көрсететін физикалық –механикалық қасиеттерін ұлғайтады.

24.2. Наноқұрылымды қаптамалардың құрылымы және қасиеттері

Наноқұрылымды қаптамалар ерекше сипаттамалар кешеніне ие: жеке түйіршіктерді бөлу жиектерінің үлес көлемі жоғарылығымен, ішкі түйірлік дислокация жоқтығымен, кристалл аралық аморфты қабаттамалардың болуымен ерекшеленеді.

Наноқұрылымды қаптамаларды термиялық тозаңдау негізінде наноқұрылымдық материалдардың ерекше механикалық және физикалық қасиеттерін (беріктік, соққылық тұтқырлық, коррозиялық төзімділік) пайдалануға мүмкіндік береді. Нанокөлемді кристалл түйіршіктердегі атомдар санын түйіршік ішіндегі атомдар санымен салыстыруға болады. Жиектеу аумағының үлесінің ұлғаюына байланысты аумақ бірлігіне тиесілі қоспаның саны ірі көлемді түйіршік материалымен салыстырғанда кішірейеді. Түйіршіктің үстіңгі бетін тазалау біртекті коррозиялық морфологияны қамтамасыз етеді және жиектері ірі түйіршікті материалмен салыстырғанда жоғары коррозиялық төзімділікке ие болады. 100 нм –ден көлемі төмен наноқұрылымды қаптамалардың физикалық сипаттамалары тез жақсаратындығын зерттеулер көрсетті.

Нанокөлемді кристалл түйіршіктердің тек термиялық тұрақтылығы жоғары ғана емес, сонымен бірге олар дислокация қозғалысын тиімді тежейді және бұл қаптамаларға тұтқырлық пен ерекше беріктік қасиет береді. Сонымен бірге, нанокөлемді түйіршікті құрылымымен қаптаудың (жабу) маңызды жетістігі - қалдық кернеудің төмендеуі әсерінен қалың қаптамалар құруға мүмкіндік беретіндігінде (кей жағдайда олардың қалыңдығы қарапайым материал қаптамалардан төрт есе үлкен). Жоғары жылдамдықты оттегі құрамды сорғалатуды қолданғанда термиялық шашырату әр алуан үлгідегі наноқұрылымды қаптамалар (никель, суперкорытпалар Ni және Cr₃C₂/NiCr; WC/Co) алуға мүмкіндік береді және олардың микроаттылығы жай материалдарға қарағанда жоғары болады.

Қарастырылған әдістерді тиімді қолдануға газ құбырларына термоқорғаныш болатын қаптамалардан бастап машиналардың айналу детальдарының тозуға төзімділігін қамтамасыз ететін технологиялар жиынтығы енеді.

Америка деректері бойынша АҚШ өнеркәсібіне наноқұрылымды қаптамалар енгізуден түсетін пайда жылына бірнеше миллиард долларды құрайды. Бұндай технологияның дамуы аэроғарыш өнеркәсібі, реактивті двигательдері және автомашина жасау өнеркәсібінде пайдаланылады.

Сұйық ракета двигательдері пысылдағының ішкі жолақтарына жылу өткізгіштігі төмен болатын қаптамалар жүргізу олардың пайдалану сипаттамаларын жақсартады. Нығыз дәнекерленген жүйе - көп деңгейлі төсеніш болып табылады. Қаптаманы төсенішпен қосарлауда олардың тығыздығы мен термиялық кеңею коэффициентіндегі айырмашылық қаптамаларда сызаттар торының ұлғаюына әкеледі. Сыртқы конструкцияға өзгеріс әкелмейтіндей етіп, сызаттар түзілуін тежеуге болады. В. Е. Панин жетекшілік жасаған Томск политехникалық университетінің қызметкерлері орындаған зерттеулер нәтижесі бұған мынадай жағдайда қол жеткізуге болатынын анықтады:

- тығыз дәнекерленген қаптамаларда нанокристалды құрылым мен төсенішке адгезиясы жоғары болуы керек;
- қаптама қалыңдығы нақты сына көлемінен артық болмауы керек, кернеу сипаты қаптамада сызаттың ұлғаюына нақты ықпал етуі керек;
- қаптама бөлігінің үстінде –төсеніште «шахмат тақтасындай» таралу болуы керек;
- жылу қорғау бөлігінің бетінің астында релаксациялық қабілеті бар және тарамдалған беті бар наноқұрылымды қабат түзілуі керек.

Қаптама құрылымы мен құрамын өзгертуге бағытталған тиімді тәсіл ретінде жоғары энергиялы ион шоғырымен соққылау жүргізу болып табылады, қаптаманы тереңінен құрылымдық –фазалық құраммен тереңінен өзгертумен синтездеуді атауға болады.

Қаптаманы тұндыру вакуумдық шандату құрылымында қоректенудің биполярлық көзінен жұмыс жасайтын $Ti-Al$ или $Si-Al$ құймасы нысанынан магнетрон көмегімен өткізіледі. $SiAlN$ және $TiAlN$ негізді қаптамалары аргон мен азот газдары қоспасының реактивті ортасында алынады. Төсеніш ретінде мыс парақшаның үлгілері пайданылады.

Төсеніштің үстіңгі қабатының наноқұрылымдалуы мынадай жолмен өткізіледі:

- шандату құрылғысының жұмыс камерасына орнатылған вакуумдық –доғалы көздер көмегімен мыс иондарымен соққы беру арқылы;

- 100 Н үлгінің бетіне құралды ультрадыбыс соққымен өндеуді 27 кГц және 20 мкм жиілікті және амплитудалық тербелістің статисткалық күшімен жапсыру арқылы. .

Нәтижесінде үстіңгі қабат түйіршіктерінің күшті фрагментациясы жүреді де, олар 50...200 нм көлемді және бұрышы 10.15° болатын блоктарға бөлінеді.

Тығыз дәнекерленген қаптамалардың екі деңгейлі жүйесіне жүргізілген сынақтар – металл төсеніш – $20.1\ 000^\circ\text{C}$ температура интервалында қыздыру-салқындату жылдамдығы $20^\circ/\text{с}$ термоциклдеу жағдайында қаптама төзімділігі кернеудің осы аумақта таралуымен анықталатынын көрсетті. SiAlN қаптамалардың қаттылығы аз болғанымен, термоциклдің төзімділігі жоғары болады.

Қабат бетін иондық соққылау арқылы наноқұрылымдау жұқа (2мкм) қаптаманың термоциклдік төзімділігін 1,5 – есе ұлғайтады және конструкциялық болаттың қажу беріктігін арттыруы мүмкін.

Үстіңгі қабатты өзгертудің ең тиімді тәсілі A1B+ и N+ иондарымен имплантациялау және ультрдыбыстық созу болып табылады. Наноқұрылымдалған қабат қалыңдығы 5.8 мкм құрайды. A1B+ и N+ иондарымен имплантациялауда 1X15H4AM3-Ш болаттың микроқаттылығы 4,4 ГПа –дан 5,6 ГПа және соған сәйкес 4,8 ГПа –ға ұлғаяды. 1X15H4AM3-Ш болатты ультрдыбыстық өндеуде микроқаттылығы 5,2 ГПа –ға дейін, ал 30XГCН2А болатта -4 –тен 5,1 ГПа дейін ұлғаяды.

Зерттеліп отырған наноқұрылымды материалдардың үлгілерін созғандағы болаттың механикалық қасиеттері 24.1 кестеде келтірілген.

Келтірілген деректерге жүргізілген талдау наноқұрылымдық үстіңгі қабаттың түзілуі зерттелуші материалдың беріктік шектеуіне σ_0 және ағым шектеуіне біршама әсер ететіндігін көрсетті.

Циклдік жүктеу жағдайында мұндай наноқұрылымдық қабаттардың қалыптасуы зерттелетін материалдың қажу сипаттарына оңды әсерін тигізеді.

1X15H4AM3-Ш болаттың қажу беріктігі A1B+ иондарымен имплациялауда 106 жиілікте 700 МПа –дан 880 МПа –ға дейін жоғарылайды. Қабаттың наноқұрылымдық беті мезоденгейде иілгіштік деформациясының дамуын басады және қаттылығы жоғары болаттардың үстіңгі бетінде сызаттардың тууы мен даму кернеуін ұлғайтады.

24.1 кесте **Үстіңгі қабаты нанокұрылымды 1Х15Н4АМЗ-Ш болаттың**
механикалық қасиеттері

Өңдеу	Беріктік шектеуі σ_b, МПа	Ағымдық шектеуі $\sigma_{0,2}$, МПа	Ағымдық шектеуі σ_s, МПа	Қалдық созылу, %
Стандартты (СТ)	300	350	1530	18
СТ + иондық имплантация А1В	300	400	1410	20
СТ+азотпен иондық имплантация	420	450	1 430	21
СТ + УФО	470	555	1 520	17

Құрылымның жұмыс қабілеттілігі үстіңгі беттің бірнеше ондаған миллиметрге дейін тозуымен тежеледі. Бұл жағдайда газотермиялық тәсілмен үстіңгі беттің тозуына үстінен қаптама жүргізу арқылы өңдеп, экономикалық жаңынан үнемді әрі тиімді болады.

Нанокөлемді фазалармен нығайтылған тозуға төзімді қаптамалардың мынадай жетістіктері бар:

- Қаптама астындағы негізгі дененің қаптамаға қарағанда 20 есе аз тозуы;
- қаптамалар материалының аз тозуы;
- WC нанокөлемді керметті қаптамалардың үйкеліс коэффициенті WC нығайтылған нанокөлемді қаптамалардың коэффициентінен 20 % төмен.

Металл өңдейтін құралдың қорғаныс қаптамалары жоғары қаттылыққа және термиялық тұрақтылығы мен ыстыққа төзімділігі жоғары болатын үйлесімдікке ие болуы керек. МИСиС қызметкерлерінің зерттеу жұмыстарында аргон мен аргонның азотпен қоспасындағы көпфазалы нысанның магнетронды жолмен тұндыру Me—N (металлдар: Ti, Cr, Al; металл еместер: Si, B, C) арқылы алынған нанокұрылымды қаптамалар қарастырылған.

Оңтайлы құрамдағы қаптамалар 600. 1 000°C температурада вакуумдық жасыту өткізгенде 30...40 ГПа қаттылығын, 40 ...50 Н адгезиялық беріктігін сақтайтындығы анықталған. Қаптамалар 0,75.0,85 деңгейдегі үйкелісте тұрақты коэффициентін және 20.700 °C темпертурасында керамика тотығымен жұптасып салыстырмалы алғанда тозу жылдамдығының төмен болатындығын көрсеткен.

24.3. Машина жасауда қолданылатын наноқұрылымды қаптамалар

Наноқұрылымды қаптамалар машина жасауда кеңінен қолданылады. Олардың қаттылығы мен тозуға төзімділігі жоғары, ыстыққа шыдамды болғандықтан үйкеліс түйіндерінің детальдарын және кесу құралдарын жасауға пайдаланады. $Ti-B-C/Ti-C-N$ қаптамаларда көпқабатты наноқұрылымды тозуға төзімділік жоғары деңгейде және коррозияға қарсылық үлкен үйлесім тапқан. Оларды шығару өнеркәсіптік деңгейде қолға алынған.

Наноқұрылымдық қаптамалар химиялық құрамы бойынша металдық, керамикалық, полимерлік немесе металлополимерлік, металкерамикаполимерлік болып бөлінеді.

Атқаратын қызмет сипатына қарай тозуға төзімді, антифрикациялық, коррозияға қарсы тұратын, ыстыққа төзімді болып бөлінеді.

Тозуға төзімді қаптамалар. Абразивтік және адгезиялық тозуға төзімділік көрсету үшін қаптамалардың қаттылығы (H) жоғары болуы керек. Сонымен бірге олар беріктіктің төмен (E) үлгісінде және беріктігін қалпына келтірудің (W) жоғары деңгейінде болуы керек, бұл әсіресе соққылау арқылы болатын абразивтік әсерлерде өте маңызды қасиет болып табылады. Қаптамалардың тозуға төзімділігін бағалау үшін қаттылығы мен беріктігі қатынасы (H/E) алынады, бұл қатынас материалдың беріктігінің деформациялануға төзімділігін көрсетеді.

Қаптамалардың иілгіштік деформацияға қарсылық қабілеті жоғары деңгейде болуы керек. TiN титан нитридi қаптамалары кеңінен таралған. Наноқұрылымдық күй түзу үшін TiN жүйесіне қосымша элементтер, мысалы, кремний немесе бор енгізіледі. Нәтижесінде кристалдар көлемі бірнеше жүзден нанометр бірліктерге дейін азаяды.

Мұндай көрініс $Ti-Si-N$ и $Ti-B-N$ қаптамаларын тұндыруда (Si, B немесе N TiN) үшінші элементтерінің еруін шектейтін TiB_2 немесе TiB негізді кристалл фазалар түзілуімен байланысты болатын нәтиже. Кристалдар жиегінде бұл элементтердің сегрегациясы жүреді, яғни рекристалдану процесі тежеліп, аморфты фаза түзіледі. $Ti-Si-N$ наноқұрылымды қаптамалардың қаттылығы (30...45 ГПа) жоғары және беріктігі (200... 250 ГПа) жеткілікті деңгейде төмен болады.

Олардың механикалық қасиеттері кремний құрамына байланысты және 5.10% -да Si ең жоғарғы мәнге жетеді. $Ti-Si-N$ қаптамалардың абразивтік тозуға қарсылығы жоғары болады. Ең жоғарғы қаттылыққа аморфтық фазалардың жұқа қабаттарына бөлінген қатты нанокристалдардан тұратын құрылым түзілуі есебінен жетеді. $Ti-B-N$ наноқұрылымды қаптамалар қаттылығы (30.55 ГПа) жоғарылығымен, соққыға және абразивтік тозуға төзімділігімен сипатталады.

Ti—Si—B—N қаптамалардың қаттылығы (шамамен 70 ГПа) өте жоғары болады. Олардан жасалған кесетін құралдарға жүргізілген сынақ нәтижелері жақсы көрсеткіштер берді.

Бор нитридті қаптамаларға алюминий қосу арқылы ультрамайда түйіршікті құрылымдар алуға болады. Ti—Al—B—N қаптамаларында көлемі 0,3...0,8 нм болатын кристаллиттер бар. Мұндай қаптамалар тозуға төзімділігі жағынан электронды—сәулелік булаумен синтезделген Ti—B—N қаптамалардан басым түседі. Ti—B—C—N және Ti—Si—C—N қаптамаларына көміртек енгізу үйкеліс коэффициентін 0,2,0,3 —ке дейін төмендетуге ықпал етеді, бұны қатты майлаушы қызметін атқаратын көміртектің онды әсері деп түсіндіруге болады.

Антифрикациялық қаптамалар. Космос аппараттары детальдары үшін «хамелеон» түріндегі наноқұрылымды қаптамалар пайдаланылады. Қаптаманың үстіңгі бөлігіндегі трибологиялық қабаттардың химиялық құрамы үйкеліс процесінде қоршаған ортаның құрамы мен температурасына қарай өзгеріп тұрады, сондықтан, қаптамалар осындай атқа ие болған. WC, TiC, Al2O3 қатты фазалары тозуға төзімділігі жоғарылығын қаптамасыз етеді, ал (C, WS2, BN және өзгелері) майлаушы фазалары жұптасу байланысында үйкеліс коэффициентін төмендетеді.

Наноқұрылымда, қабат қаптамалардағы секілді, майлаушы фаза ретінде MoS2 молибден дисульфиді қолданылады. Ti—MoS2, TiN—MoS2, Ti—SiN—MoS2, TiB2—MoS2 қаптамалары көпке белгілі.

Фольфрам селенидтерінің үйкеліс коэффициенті төмен және ауа ылғалдылығы жоғары болғанда тотығуға қарсылығы ұлғаяды. Жоғары қабатына Wsex аморфты матрицасы енген WSex және W30 WSex/TiC нанокристалды фазалардан тұратын WSex/Ti—C—N и WSe/Ti—Si—N қосқабатты қаптамалардың ауадағы (0,015.0,05) және судағы (0,06.0,07) үйкеліс коэффициенті төмен болуымен сипатталады.

Коррозияға төзімді және ыстыққа төзімді қаптамалар. Қаптамалардың коррозияға төзімділігі олардың химиялық құрамына байланысты, ал кристалл көлеміне тәуелділігі аз деңгейде болады.

Ti—Cr—B—N қаптамалары еркін коррозия әлеуетінің онды мәнімен және Ti—B—N қаптамаларына қарағанда коррозия жылдамдығы 4 есе төмендігімен сипатталады. Ti—Cr—B—N қаптамаларында хром құрамы ұлғайғанда коррозияға төзімділік ұлғаяды. Хром дибориді коррозияға төзімді материал болып табылады. CrB2 негізді қаптамалар коррозиялық орта ықпалына төзімділігі жоғары материал болып саналады.

Қаптамалардың термиялық тұрақтылығы мен ыстыққа төзімділігі жоғары температурада жұмыс жасайтын қаптамалардың ұзақ уақыт қолданыста болуын қамтамасыз етеді. Нанокұрылымды қаптамалардың қаттылығы микрокристалдық қаптамаларға қарағанда 1000 °C-қа дейінгі аралықта төмендемейді. Сонымен бірге 20 ден 1 000 °-қа дейінгі температура аралығында қаптамалар кристалдары 2...5 нм көлемінде тұрақты құрылымын сақтайды. Түйіршік аралық аморфты қабаттар олардың рекристалдануын тежейді. Al—Ti—Si—N и W—Si—N қаптамаларын жоғары температурада

(800.900 °C) жасыту олардың қаттылығын ұлғайтады. Ti—B—N и Ti—Cr—B—N қаптамаларының қаттылығы 1 000 °C –та қыздырғанда 25.30 ГПа деңгейінде сақталады.

Қаптамалардың ыстыққа төзімділігін олардың құрамына қаптама бетіне қорғаныс қабаты тотығын ((Al, Cr, Si) түзетін элементтер құрамын қосу арқылы арттыруға болады.

Ti—Si—N және Ti—Al—Si—N қаптамаларының жоғары температурада жасытуда нанокұрылымдардың төзімділігін зерттеу рекристалдану температурасы нанокристалдар көлемі $d > 5$ болғанда 850 °C-тан жоғары, ал $d < 3$ нм болғанда 1150 °C-қа ұлғаятындығын, бұл сегрегация нәтижесіндегі жиектік бөлінудің тұрақтылығымен байланысты болатынын көрсетті. Ti—Si—N қаптамаларын TiC және TiN қаптамаларымен салыстырғанда жоғары температурадағы тотығуда жоғары шыдамдылық қабілет көрсетеді. Жоғары температурада тотығуда қаптамалардың төзімділігіне алюминидің ықпалы бар екендігі белгілі болды. Жасытудың төменгі температурасында алюминидің болуына байланысты оттегі (Ti, Al)_{1-x}(C, N)_x торында ериді. Одан жоғары температурада алюминий қаптама бетінде диффендируется де, онда одан әрі тотығуға кедергі болатын Al₂O₃ қорғаныс қабаты түзіледі.

Al—Ti—B—N наноқаптаманың құрылымы бірнеше ангстрем көлемді кристалл және аморфты бөліктерден тұрады.

Электрондық микроскоппен алынған суреттер сараптамалық қаптамалар құрамындағы нанокристалдар көлемін бір-бірімен теңестіруге мүмкіндік береді. Нанокөлемді материалдардың коррозиялық –электрохимиялық сипаттарын салыстырған деректер және осындай орташа көлемі 2.5 нм кристаллиттер жұқа қаптамалар коррозия жылдамдығының төмен (шамамен 1000 есе) екендігін көрсетеді және бұл олардың нанокұрылымдық күйіне байланысты болады. Сонымен бірге TiC—Fe—S—Mo негізді қаптамалардың коррозиясы анық селективті сипатқа ие. Төзімділігі аз қоспаның еріту басымдылығы, алдыменен темірдің, кремниймен қанықтырылуы SiO₂ қорғаныс қаптамасының түзілуіне әкеледі. Бұл ретте жалпы ұсыныстар ретінде қаптама қалыңдығын арттыру, үстіңгі бетінің кедір – бұдырын азайту, кеуегі мен саңылауы жоқ, микротесіктері жоқ тығыз құрылым алуды айтуға болады.

Композитті наноқұрылымды полимер қаптамалар. Қатты фазалы механохимиялық әдістер жоғары электр өткізгіштігі, электр эрозияға төзімділігі бар, үйкеліс коэффициенті төмен және механикалық уатылу әрекетіне төзімді жаңа материалдар — металл—фторполимерлі және металл—керамика—фторполимерлі қосындылар алуға мүмкіндік береді. Қоспасына металдар – политетрафторэтилен (1 мас % дейін) қосылған вольфрам мен мысты механикалық өңдеуде көлемдері 30×60 нм көлемді композитті бөлшектер түзіледі. Политетрафторэтилен қоспалары материалдың престелуін жақсартып, престелген өнімнің тығыздығын ұлғайтады. W—Cu—ПТФЭ композитті қаптамалардың үйкеліс коэффициенті қомақты фторпласт үйкеліс коэффициентіне жақындау болады. Политетрафторэтилен бар керамикалық бөлшектерді қатты фазалық реакциямен алынған WC—Cu, TiB₂—Cu и (TiB₂—Cu)—W композиттерін механикалық өңдеу нәтижесінде үйкеліс коэффициенті төмен болатын эрозияға төзімді материалдар алуға болады.

Осындай әдіспен ток өткізгіштерді қаптайтын (Cu + + ПТФЭ) құрғақ үйкеліс коэффициенті төмен қаптамалар алуға болады. Мысалы, троллейбустардың тоққа тартылуын түсуді бодырмау үшін мыс –полимерлі қаптамалы орамалар қолданылады.

(СВМПЭ) өте жоғары молекулалы полиэтилен негізді қаптамалардың физикалық – химиялық сипатын ұлғайтудың тиімді тәсілі ретінде плазмохимиялық синтез әдісімен алынатын, сонымен бірге көміртек нано талшықтары, Al₂O₃ и ZrO₂ ультрадисперлі ұнтақтарын толтырғыштар ретінде пайдалануды алуға болады. Алюминий және цирконий тотықтарының ультрадисперлі ұнтақтарымен түрлендірілген, ұнтақ металлургия әдістерімен алдын ала өңдеуден өткізілген СВМПЭ адгезиялық беріктікті бірнеше рет ұлғайтуды қамтамасыз етеді, термошоғуді болдырмайды.

Жалпы қолданыстағы каучук негізді шина резеңкелеріне араластырылған толтырғыштарға металдың нанодисперлі ұнтақтарын (0,25...0,5 мас. %) аз мөлшерде қосу шартты беріктікті, шиян резеңкесінің жыртылуын боддырмау, резеңкенің металкордпен байланысын берік ету секілді физикалық –механикалық және пайдалану қасиеттерін жақсартады. Металлдың нанокристалды ұнтақтарын металды еріту мен булау, буды инертті газ ортасында бір күйге ендіру және түзілген ұнтақты аппараттың суық бөлігінде жинақтау әдісімен алуға болады.

24.4. Нанокompозитті өте қатты қаптамалар

Нанокompозитті өте қатты қаптамалардың әр алуан үстіңгі бетте үлкен әлеуеттік мүмкіндіктері бар (мысалы, кесетін құралдар).

Әдетте өте қатты материалдар деп микроқаттылығы 40 және 80 ГПа аралығындағы материалдарды айтады. Әр түрлі мақсатта қолданылатын наноқұрылымды қаптамалардың басым бөлігінің интервалы 35...40 ГПа аралығында. Қаттылығы 80 ГПа болатын қаптамалар ультрақатты деп жіктеледі.

Түйіршіктер көлемі кішірейген наноқұрылымды қаптамалар поликристалды қаптамалар болып табылмайды. Наноқұрылымды қаптамалар қасиеттерінің осындай құрамдағы микрокристалды қаптамалардың қасиеттерінен айырмашылығы бар. Кристалл құрылымдардың түйіршік аралық және фаза аралық жиектерінің тығыздығы жоғары қоскөлемді (немесе жалпақ) ақаулары болады. Жиектерінің тығыздығының жоғары болуы микрокристалды құрылымды жаңа құрылымға –наноқұрылымға көшіреді. Наноқұрылымды қаптамалар орташа көлемі 1 мкм болатын ірі түйіршікті поликристалдыларға қарағанда, жиек тығыздығы жоғары қаптамалар ретінде жақсы танылған. Наноқұрылымдық күй алу үшін құрылымдық элементтердің (яғни түйіршіктің орташа диаметрі, қабат қалыңдығы және т.б.) біркелкілігі, 6 наномасштабы аралықта (100 нм кем) бірдей болуы керек.

Фазааралық шектеулер көп фазалы нанокомпозициялық қаптамаларда құрылымның табиғи элементі болып табылады. Нанокристалдық құрылымдар екі құрылымдық қоспадан – кристалл торлардың нанотүйіршіктерінен және кристалл аралық жиектерден тұрады. Нанокристалл материалдардағы түйіршік жиегінің ұзындығы 0,5 тен 1,2 нм аралығында болады. Жиектің орташа атомдық тығыздығы атом торының тығыздығынан кем болады. Жиектегі Орналасуы қатты тығыздан олардың арасындағы кең интервал аралығында өзгеріп отыратын жиектік атомдар атомаралық кеңістіктің кең мүмкіндіктерін білдіреді. Жиектің орташа тығыздығы кристалл тордың атомдық тығыздығының 70.80% құрайды. Түйіршіктер қасиеттері жиектер қасиеттерінен ерекшеленеді, сондықтан нанокристалдық қаптамаларды қоскомпонентті құрылымдар ретінде қарауға болады, яғни нанокристалдар мен түйіршіктер жиегінің қоспасы ретінде қарастырылады. Түйіршік көлемінің кішіреюі жиектегі атомдар үлесі көлемінің ұлғаюына әкеледі. Жиектегі атом үлесінің көлемі түйіршік көлемі 2 нм болатын материалдарда шамамен 87,5% құрайды, көлемі 3 нм болатын материалдарда шамамен 50%, көлемі 5 нм болатын түйіршіктерде 44%, көлемі 10 нм болатын түйіршіктерде 30%, көлемі 100 нм болатын түйіршіктерде 10% құрайды.

Түйіршіктер кішірейген сайын нанотүйіршіктер арасындағы арақашықтық үлкейеді, соның салдарынан нанотүйіршіктердің тығыздығы кішірейеді. Жүргізілген сынақтар көрсеткендей, кристалл торлардың кеңеюі бірінші кезекте түйіршіктердің жиектеріне қарай жүзеге асады.

Наноқұрылымды қаптамалардың басты ерекшеліктері мыналар:

- Түйіршік /қапаттардың көлемдері 100 нм шектеледі, бір бағытта;
- Атомдардың басым бөлігі фазааралық жиекте және түйіршіктің үшке таралған қосарлы мүшелерінде болады.

Өте қатты наноқұрылымды жиынтық қаптамалар (немесе нанокомпозициялар) құрылымдық элементтерінің біркелкілігі бойынша жіктеледі. Егер құрылымдық элемент кезектескен наномасштабты қалыңдықта екі әр алуан материалдардан тұратын болса, қаптама наноқабатты деп аталды. Егер нано түйіршіктің құрылымдық элементтері әр алуан фазадан болса, қаптама нанокристалды композициялы деп аталады. Жалпы айтқанда, екі түрі үшін де «наноқұрылымдық композициялық қаптама» деген термин дұрыс болады.

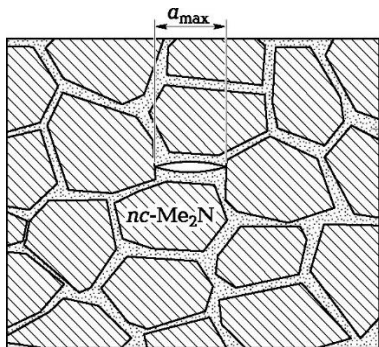
Деформацияның таралуы, беріктік үлгісіндегі айырмашылық, торларының сәйкес келмеуі секілді тәсілдер арқылы наноқабатты композициялық қаптамалардың өте қаттылық қасиетін түсіндіру жолдары бар. Мұндай қаптамалардың қаттылығы жоғары, себебі кернеудің кезектескен жолдары дислокацияның кез-келген қаозғалысына кедергі болып табылады.

Наноқабатты композициялы қаптамалардың құрылымы атомдарды бірінен соң бірін орналастыру арқылы (atom-by-atom) салыстырмалы алғанда төмен жылдамдықпен енгізу арқылы түзіледі. Қаптаманы орнықтыру үшін өндіргіштігі төмен күрделі құрал қажет. Мысалы, кәдімгі қаптаманы жетілдіру жылдамдығы шамамен 1мкм/ сағ, сондықтан наноқұрылымды композициялы қаптаманы синтездеу —ұзақ үдеріс, бірнеше қаптау микророндарын жағу бірнеше сағатты алады.

Аморты – нанокристалды композициялық қаптамалар (24.1 сур) түйіршіктер жиегіндегі болаттардағы ферритті және цеменитті торлар секілді аморфты торға енгізілген нанокөлемді кристалдар түрінде болады. Нанотүйіршіктердің көлемдік үлесі жиек үлесімен салыстырмалы. Нанокристалдық қаптамалар мынадай болып жіктеледі:

- қатты материалдардың нанокристалдары, олар бастапқыда Si_3N_4 , AlN тек және алмаз тәрізді көміртек қатты материалдардың аморфты ұяшығына енгізіледі;
- қатты материалдардың нанокристалдары, аморфты ұяшыққа Ni , Cu , V және т.б. жұмсақ металдарды енгізіледі.

Наноқұрылымдарда өте қаттылықты алудың негізгі қағидасы дислокациядан бос нанотүйіршіктермен немесе олардың аз ғана бөлігімен құрылым құру және де бұл фактор кристалл торлардағы атом аралық байланыстардан маңыздырақ.



Сурет 24.1. Қатты аморфты ұяшық Si_3N_4 : енгізілген Me_2N нанотүйірішігі мысалында нанокристалдық композициялық қаптаманың сызбасы:
 nc — нанокристалл қаптама ; a — аморфты қаптама ; $a_{\max}$ — наносызаттың ұзындығы

Дислокацияның көбею көздері көлемі 10 нм-дан кіші болатын нанотүйірішіктерде әсер етпейді, 10 нм көлемді нанотүйірішіктер дислокациядан бос болады, ал ондағы бар дислокация тұрақты емес немесе итеріліп шығарылып кетеді, мысалы, аморфты ұяшықта жоғалады, яғни дислокация аморфты бекітілген ұяшықтан өте алмайды, ал аморфты ұяшық кездейсоқ нанокристалдарға бағытталған кристалл торлардың сәйкесіздігіне бейімделеді. Мұндай қаптамаларда аморфты ұяшықта наносызаттың таралуы

2... 4 нм -мен шектеледі, ол көршілес нанокристалдар арасындағы үлкен қашықтық болып саналады (24.1сур қараңыз). Сондықтан аморфты ұяшық нанотүйірішіктер арасында жұқа қабықша ретінде болуы керек. Бұл композиттердің өте қаттылығын көрсететін тиімділіктің бірі болып саналады.

Сонымен бірге, нанокристалды композициялық қаптамалар наноқабатты қаптамаларға қарағанда бірқатар артықшылықтарға ие.

Нанокристалды композициялық қаптамалар наноқабаттыларға қарағанда изотропты құрылымда болады. Нанокристалды қаптамаларды енгізуге еңбек күші аз жұмсалады, сонымен бірге төсенішке күрделі пішіндер құру оңай болады.

Нанокристалды композициялық қаптамалардың негізгі деректері 24.2 кестеде келтірілген. Микроқаттылығы жағынан өте қатты материалдардан артып кететін және ультрақатты тобына өткен $nc\text{-TiN}/nc\text{-TiSi}_2/a\text{-TiSi}_2$ композициялық қаптамаларына зейін аудару керек. $nc\text{-W}_3C/nc\text{ carbines суып}$ қаптамалар -MeN/ қатты фаза немесе $nc\text{-MeN/}$ жұмсақ фаза секілді қаптамалар түзілуінің жалпы сызбасына сәйкес келмейді.

Carbynes — бұл шағын көлемді тізбек тәрізді құрылым көп танымал емес көміртекті қосылыс. Мұндай қаптаманың ерекшелігі - олар өздерінің өте қатты шектеуіне салыстырмалы алғанда, нанокристалдардың үлкен көлемдерінде жетеді (шамамен 70нм). Сонымен бірге салыстырмалы алғанда үлкен түйіршіктерде қаптаманың ішкі кернеуі (0,5... 1 ГПа) төмен болады.

24.2 кесте **Нанокристалды композициялық қаптамалар**

Қаптамалар құрамы	Микро- қаттылығы, ГПа	Түйіршік көлемі, нм	Қаптама қалыңдығы, мкм
nc-TiN/a-Si ₃ N ₄ (16...20% (ат.) Si ₃ ^)	≈50	9	≈2
nc-TiN/a-SiN _x (4.6% (ат.) Si) (0 < x < 1,3)	38.47	≈20	1,2,8
nc-TiN/e-Si ₃ N ₄ /a-TiSi ₂ (5 % (ат.) Si)	80	10.11	3.11
nc-TiN/nc-TiSi ₂ /a-TiSi ₂ (17% (ат.) Si)	90.105	≈3	3.11
nc-W ₂ N/a-Si ₃ N ₄ (7 % (ат.) Si)	≈52	3.4	2.4
nc-VN/a-Si ₃ N ₄	≈45	—	—
nc-Ti _{4-x} Al _x N (x = 0,562)	≈47	18.30	≈2,5
nc-Mo ₂ C(a-C + a-Mo ₂ C)	≈53	≈48	2
nc-TiC/a-C: H	≈35	≈5	≈1,5,2
TiC—TiB ₂	≈71	1.2,5	—
nc-TiN/a-WN ₂	≈60	10.20	3,5
nc-TiN/a-MoN ₂	≈45	—	—
nc-ZrN/a-Ni (4 % (ат.) Ni)	≈57	5.14	3.5
nc-CrN/a-Ni	≈37	—	≈3
nc-ZrN/a-Cu (1.2 % (ат.) Cu)	≈54	≈38	2,5
nc-CrN/a-Cu (≈1 % (ат.) Cu)	≈35		—
nc-AlN/a-Cu (≈8 % (ат.) Cu)	≈48	≈9,5	3
nc-ZrN/a-Y	≈45	≈20	3
nc-W ₃ C/nc carbynes	≈40		2.300
nc carbynes	—	5.50	> 300

Ескерту. nc — нанокристалдық қаптама ; a — аморфты қаптама.

24.3 кесте Нанокристалды бірфазалы қаптамалар

Қаптама түрі	Микроқаттылық, ГПа	Түйіршік көлемі, нм	Толщина покрытия, мкм
пс-алмаз	50	75	0,6... 1,5
пс-алмаз	62	2.700	0,5... 3,0
B_3C	≈ 35	100...300	—
c-BN	≈ 43	5...100	—
$\beta - C_3N_4$	40.60	3.100	—
β -SiC	≈ 50	20	—

Бірфазалы қаптамалар (алмаз, бор карбиді, бордың куб нитриді, кремний карбиді) монокристалдық, микрокристалдық, нанокристалдық және аморфты пішінде болады. Ең танымал және өте қатты нанокристалды бірфазалы қаптамалардың бірқатар сипаттамалары 24.3 кестеде көрсетілген. Солардың ішінде p-C3N4 қаптамасы – көміртек нитридінің гипотетикалық формасы ретінде қаттылығы өте жоғырылығымен (40.60 ГПа) ерекшеленеді.

Нанокристалдық қаптамаларды енгізудің әдістеріне буаркыл физикалық тұндыру, магнетронды шашырату, дымқылдау көмегімен, сонымен бірге газдық кезеңде химиялық тұндыру, газдан химиялық тұндыру, плазхимиялық тұндыру жатады.

Бақылау сұрақтары

1. Нанонысандар дегенді қалай түсінесің?
2. Нанокұрылымдар алудың негізгі тәсілдерін атаңыз .
3. Нанокұрылымдарға қандай қаптамалар жатады?
4. Ленгмюр— Блоджетт қабықтары(қаптамалары) қандай болады?
5. Нанокөлемді фазалармен нығайтылған қаптамалардың қасиеттері қалай өзгереді?
6. Нанокұрылымды қаптамалардың химиялық құрамы қандай болуы мүмкін?
7. Нанокұрылымды қаптамаларды белгілері бойынша қалай айыруға болады?
8. Тозуға төзімді нанокұрылымдыларға қандай қаптамалар қолданылады?
9. Антифрикациялық нанокұрылымды қаптамаларда майлаушы фаза ретінде қандай зат қолданылады?
10. Қаптамалардың коррозияға төзімділік және ыстыққа беріктік қасиеттеріне нақты не әсер етеді ?

1. **Алехин В. П.** Новая нанотехнология поверхностной упрочняющей обработки инструментальных сталей // сб. статей по материалам Межд. конф. «Деформация и разрушение материалов». — М., 2006. — С. 197 — 200.
2. **Барбенцов В. Д., Алымов М. И., Белов С. С.** Консолидация нанопорошков методом газовой экструзии // Нанотехника, 2006. — № 4. — С. 57—64.
3. **Волчок И. П.** Системы современных технологий : учебник / И. П. Волчок, С. Б. Беликов. — Запорожье : МоторСич, 2004. — 352 с.
4. **Гуляев А. П.** Металловедение : учебник для вузов / А. П. Гуляев. — М. : Металлургия, 1986. — 544 с.
5. **Гуткин М. Ю.** Дефекты и механизмы пластичности в наноструктурных и некристаллических материалах / М.Ю. Гуткин, И. А. Овидько. — СПб.: Янус, 2001. — 180 с.
6. **Каблов Е. Н.** Авиационное материаловедение: итоги и перспективы // Вестник РАН, 2002. — Т. 72. — № 1. — С. 3—12.
7. **Ларин В. К., Кондаков В. М., Малый Е. Н.** Плазмохимический способ получения ультрадисперсных (нано)порошков оксидов металлов и перспективные направления их применения // Известия вузов. Цветная металлургия, 2003. — № 5. — С. 59 — 64.
8. Кластеры, структуры и материалы наноразмера : инновационные и технические перспективы / [М.А.Меретуков, М.А. Цепин, С. А. Воробьев, А.Г.Сырков]. — М. : Издательский дом «Руда и металлы», 2005. — 128 с.
9. **Кугультинов С.Д.** Технология обработки конструкционных материалов / С.Д. Кугультинов, А. К. Ковальчук, И. И. Портнов. — М. : Изд-во МГТУ им. Баумана, 2008. — 672 с.
10. Машиностроение : Энциклопедия. — Т. II-2 : Стали и чугуны / под общ. ред. О. АБанных, Н.Н. Александрова. — М. : Машиностроение, 2000. — 784 с.
11. Машиностроение : Энциклопедия. — Т. II-3 : Цветные металлы и сплавы. Композиционные металлические материалы / К. В. Фролов (общ. ред.), О. Г. Сенаторова, И. Н. Фридляндер, О. Е. Осинцев (ред.-сост.). — М.: Машиностроение, 2001. — 880 с.
12. Машиностроение : Энциклопедия. — Т. IV-1 : Детали машин. Конструкционная прочность. Трение, износ, смазка / К.В. Фролов (общ. ред.), Д. Н.Решетов (ред.-сост.). — М. : Машиностроение, 1995. — 864 с.
13. Новые материалы / научн. ред. Ю.С.Карабасов. — М. : Изд-во МИСиС, 2002. — 736 с.
14. **Солнцев Ю. П.** Специальные материалы в машиностроении : учебник / Ю.П. Солнцев, В.Ю.Пирайнен, С. АВологжанина. — СПб. : Хим- издат, 2007. — 784 с.
15. **Солнцев Ю.П.** Стали для Севера и Сибири / Ю.П. Солнцев, Т.И.Ти- това. — СПб. : Химиздат, 2002. — 352 с.

16. Технология конструкционных материалов : учебник / [АМ.Даль-ский, Т. М. Барсукова, Л. Н. Бухаркин и др.]. — М. : Машиностроение, 2005. — 512 с.
17. *Хокинг М.* Металлические и керамические покрытия : [пер. с англ.] / М.Хокинг, В.Васантасари, П.Сидки. — М.: Мир, 2000. — 518 с.
18. *Лахтин Ю.М.* Материаловедение / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьев. — М. : ЭКОЛИТ, 2011. — 528 с.
19. *Солнцев Ю. П.* Нанотехнологии и специальные материалы: / [Ю. П. Солнцев, Е.И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А.П. Петкова]. — СПб. : Химиздат, 2009. — 336 с.
20. *Полмеар Я.* Легкие сплавы. От традиционных до нанокристаллов / Я.Полмеар. — М. : Техносфера, 2008. — 464 с.
21. *Уорден К.* Новые интеллектуальные материалы и конструкции / К. Уорден. — М. : Техносфера, 2006. — 224 с.
22. *Petzold J.* Applications of nanocrystalline softmagnetic materials for modem electronic devices // ScriptaMateriallia, 2003. — V. 48 . — P . 895 — 901.

Алғы сөз.....	3
I БӨЛІМ. МАТЕРИАЛТАНУ	
1 Тарау. Металдарды өндеудің негізгі әдістері	
1.1. Құю өндірісінің негіздері.....	4
1.2. Металдарды қысыммен өндеу.....	13
1.3. Дәнекерлеу өнімдері.....	24
1.4. Кесумен өндеу.....	33
	41
2. Тарау. Металдардың қасиеттері мен құрылысы	
2.1. Металдар мен қорытпалардың жалпы сипаттамалары.....	41
2.2. Металдардың кристалдық құрылымы.....	42
2.3. Кристалдық денелердің құрылысындағы ақаулар.....	46
2.4. Кристалдау үдерісі.....	54
2.5. Металдар мен қорытпалардың қасиеттері.....	57
2.6. Серпімді және иілгіштік деформация.....	58
2.7. Сынғыш және тұтқыр сыну.....	59
2.8. Бұзушылық сипатын анықтайтын факторлар.....	63
2.9. Суық катаю және қайта кристалдану.....	66
2.10. Методы исследований и испытаний материалов.....	70
	100
3.Тарау. Металдардың қышқылдары мен құрылымдары	
3.1. Қорытпалардың негізгі фазалардың сипаттамасы.....	100
3.2. Қорытпалардың құрылымы.....	103
3.3. Қорытпалардың диффузиясы және құрылымы.....	105
3.4. Болат және қорытпаларды беріктендіру жолдары.....	107
3.5. Диаграмма түрлері (фазалық тепе-теңдік) қорытпалары.....	113
	131
4 Тарау. Темір және оның қорытпалары	
4.1. Темір-көміртекті жүйесінің күйінің диаграммасы.....	131
4.1. Көміртекті болат.....	140
4.1. Шойын.....	147
	157
5 Тарау. Болатты термиялық өндеу.....	
5.1. Термиялық өндеу теориясының негіздері.....	157
5.2. Болатты термиялық өндеу технологиясы.....	178
5.3. Болат өнімдерінің үстін қатайту.....	192
	202
6. Тарау. Өнеркәсіптік болаттар мен қорытпалар.....	
6.1. Қоспаланған болаттар.....	202
6.2. Болатты таңбалау.....	205
6.3. Құрылымдық болаттар.....	209
6.4. Құрылымдық болаттар және қорытпалары.....	225

7. Тарау. Болаттар және арнайы қасиеттері бар қорытпалар	
7.1. Коррозия және коррозияға төзімді материалдар.....	240
7.2. Ыстыққа төзімді және ыстыққа берік болаттар мен қорытпалар.....	261
7.3. Суыққа төзімді болаттар.....	275
7.4. Болаттар және қорытпалардың ерекше физикалық қасиеттері.....	291

8. Тарау. Түсті металдар мен қоспалары

8.1. Магний және оның қорытпалары.....	317
8.2. Алюминий және оның қорытпалары.....	321
8.2. Титан және оның қорытпалары.....	331
8.2. Мыс және оның қорытпалары.....	341
8.2. Дәнекерлемелер.....	349
8.3. Төмен температуралардағы түсті металл қорытпаларының қасиеттері мен қолданылуы.....	350

II БӨЛІМ. КЕРАМИКАЛЫҚ, КОМПОЗИЦИАЛЫҚ ЖӘНЕ ҰНТАҚТЫ МАТЕРИАЛДАР

9. Тарау. Керамикалық материалы

Керамиканың керамикалық технологиясы және жіктелуі.....	356
Керамикалық материалдарды қолданылуы және қасиеттері.....	361

10. Тарау. Композициялық материалдар

10.1. Жалпы сипаттамасы және классификациясы.....	370
10.2. Дисперсиялы-қатайтылған композициялық материалдар	372
10.3. Талшықты композициялық материалдар.....	374
10.4. Қатпарлы композициялық материалдар.....	378
10.5. Композициялық материалдардың қасиеттері және қолданылуы.....	379

11. Тарау. Ұнтақты материалдар

11.1. Жалпы мәліметтер.....	385
11.2. Конструкциялық материалдар.....	386
11.3. Үйкеліссіз ұнтақты материалдар.....	388
11.4. Үйкелісті материалдар.....	389
11.5. Кеуекті сүзгіш элементтер.....	390
11.6. Құрал-сайман жасайтын ұнтақты болаттар.....	391
11.7. Карбидболаттар.....	393

III БӨЛІМ. МЕТАЛ ЕМЕС МАТЕРИАЛДАР

12. Тарау. Полимерлер.....	395
12.1. Полимерлер құрамы және құрылымы.....	395
12.2. Полимерлердің негізгі қасиеттері.....	398

13. Тарау. Пластмассалар

13.1. Пластмассалардың жалпы сипаттамасы.....	401
13.2. Термопластикалық пластмассалар.....	403
13.3. Термоактивті пластмассалар.....	409

14. Тарау. Резеңкелер

15.Тарау. Желімдеу материалдары	
15.1. Желімдеуші материалдардың жалпы сипаттамасы.....	419
15.2. Желімдеуші материалдардың құрамы және қасиеттер.....	419
16. Тарау. Лак-бояу материалдары	
16.1. Лак-бояу материалдарының жалпы сипаттамалары.....	424
16.1. Лак-бояу материалдарының қасиеттері	424
17. Тарау. Шыны	
17.1. Жалпы мәліметтер.....	428
17.2. Шынының негізгі қасиеттері.....	429
18. Тарау. Ағаш	
18.1. Ағаштың құрылымы және химиялық құрамы.....	432
18.2. Ағаштан жасалған бұйымдар.....	435
18.3. Ағаштардың беріктігі және сақталуы.....	436
IV БӨЛІМ. ТОЗУ ЖӘНЕ ТОЗУҒА ТӨЗІМДІ МАТЕРИАЛДАР	
19. Тарау. Тозудың жіктелуі және түрлері	
19.1. Негізгі ақпараттар.....	438
19.2. Тозудың жіктелуі және түрлері.....	438
19.3. Ұштасатын бөлшектер құрайтын жұп үйкеліс тозуы	442
20. Тарау. Майлау материалдары	
21. Тарау. Тозуға төзімді болаттар	
21.1. Тозуға төзімді болаттарға химиялық құрамның әсері.....	451
21.2. Мойынтірек болаттары.....	452
21.3. Графитизацияланған болаттар.....	455
21.4. Жоғары марганецті аустенитикалық болаттар.....	457
21.5. Метастабильдік хром-марганецтік аустениттік болаттар.....	458
22.Тарау. Металл-керамикалық қатты қорытпалар	
23. Тарау. Антифрикциондық материалдар	
23.1. Металлдық материалдар.....	464
23.2. Емес және қоспалы материалдар.....	469
23.3. Минералдар.....	472
23.4. Керамикалық материалдар.....	473
24 Тарау. Нанокұрылымдық қаптамалар	
24.1. Наноқабықтар мен наноқаптамаларды енгізу технологиясы.....	475
24.2. Нанокұрылымдық қаптамалардың құрылымы мен қасиеттері	485
Әдебиеттер тізімі.....	491

Оқу басылымы

**Вологжанина Светлана Антониновна,
Иголкин Алексей Фёдорович**

Материалтану

Оқулық

Редакторы *В. А. Савосик*
Компьютерлік верстка: *Д.В. Федотов*
Корректор: *С. А. Передкова*

Изд. № 101119210. Подписано в печать 17.07.2017. Формат 60х90/16.
Гарнитура «Таймс». Бумага офс. № 1. Печать офсетная. Усл. печ. л. 31,0.
Тираж 2 500 экз. Заказ №

ООО «Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru 129085,
Москва, пр-т Мира, 101В, стр. 1.
Тел./факс: (495) 648-0507, 616-00-29.

Санитарно-эпидемиологическое заключение № РОСС RU.АФ44.Н01603 от 31.05.2017.

Отпечатано с электронных носителей издательства.

ОАО «Тверской полиграфический комбинат», 170024, г. Тверь, пр-т Ленина, 5. Телефон:
(4822) 44-52-03, 44-50-34. Телефон/факс: (4822) 44-42-15.

Home page - www.tverpk.ru Электронная почта (E-mail) - sales@tverpk.ru