

А.М.АДАСКИН, В.М.ЗУЕВ

МАТЕРИАЛТАНУ

(МЕТАЛЛ ӨҢДЕУ)

Кәсіби білім беру жөніндегі сараптамалық кеңесі бастапқы кәсіби білім беру бағдарламасын іске асыратын білім беру мекемелерінің оқу процесінде оқу құралы ретінде пайдалану үшін жол берді
11-нші басылым, стереотиптік



Мәскеу
«Академия» баспа орталығы
2014

ӘОЖ 620.22(075.32)
КБЖ 20.4.7(26.8)
А28

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@dcs.kz

Рецензенттер:

«ЗИЛ» АМО Технологиялық басқармасы технологиялық бөлімінің бастығы,
Ресей Федерациясының еңбек сіңірген технологы *Б. М. Солоницын*;
ФИРО басты ғылыми қызметкері *В. Н. Антонов*

А. М.Адашкин

А28 Материалтану (металл өңдеу) : кәсіби орта білім беру мекемелерінің студенттеріне арналған оқу құралы / А. М.Адашкин, В. М. Зуев. — 11-нші басылым, стер. — М. : «Академия» баспа орталығы, 2014. — 288 п.

ISBN 978–601-333-274-1 (каз.)

ISBN978-5-4468-1362-9(рус.)

Конструкциялық және құрал-жабдық ретінде қолданылатын металл, бейметалл және композициялық материалдар қарастырылған және оларды қолдану бойынша ұсынымдар берілген. Материалдардың құрылысы мен қасиеттерін зерттеу әдістері келтірілген. Апробация нәтижелері бойынша бірқатар өзгерістер енгізілді. Алғашқы рет пісіру және дәнекерлеу барысында қолданылатын технологиялық материалдар қарастырылды, «Құрал-жабдық материалдары» тарауы анағұрлым кеңейтілген және тәжірибелік ұсынымдармен толықтырылған.

Оқу құралы металл өңдеумен байланысты кәсіптер үшін СПО ФГОС сәйкес «Материалтану негіздері» жалпы кәсіби пәні зерделеу кезінде қолданылуы мүмкін.

Кәсіби орта білім беру мекемелерінің студенттеріне арналған. Оқытудың өзге нысандарына қолданылуы мүмкін.

ӘОЖ 620.22(075.32)
КБЖ 20.4.7(26.8)

© Адашкин А.М., Зуев В.М., 2008

ISBN 978–601-333-274-1(каз.)

ISBN978-5-4468-1362-9(рус.)

© «Академия»білім беру-баспа орталығы, 2012

© Ресімдеу. «Академия» баспа орталығы, 2012

Материалтану — материалдардың құрылысы мен қасиеттерін зерттейтін және олардың құрамы, құрылысы мен қасиеттері арасында байланысты орнататын ғылым.

Адамзаттың бар тарихы түрлі материалдарды қолданумен байланысты, атап айтқанда олар тұтас дәуірлерге атаулар берді: тас дәуірі, қола дәуірі, темір дәуірі.

Бастапқы даму сатысында адам табиғи материалдарды қолданды — ағаш, сүйек, тас. Ерекше орынды тас иеленді, одан еңбек құралдары жасалды — тас балталары, ағаш пышақтары. Тастың көмегімен шамамен 500 мың жыл бұрын адамдар отты табуға үйренгенін атап өткен жөн. Тұрмыстық керек-жарақтарды дайындау кезінде балшықты күйдіру үшін отты пайдалану керамиканы дайындау технологиясына жол салды.

Келесі даму кезеңінде адам металдарды қолдана бастады. Әрине, бірінші кезекте, табиғатта таза және табиғи түрінде кездесетін металдар қолданылды. Ең алдымен ол мыс, оны қолдануды бастау біздің заманымызға дейін 7-нші мыңжылдыққа жатқызылады. Біздің заманымызға дейін 4-мыңжылдықта қорытпаларды алудың металлургиялық процестерін қолдану басталды. Қоладан — мыс пен өзге де металдардан, бірінші кезекте, таза мысқа қарағанда жақсы қасиеттері бар қалайының қорытпасынан жасалған металл құралдар басым болды.

Маңызды даму кезеңінде темірді және оның қорытпаларын қолдану болды. XIX ғасырдың ортасына қарай болат өндірудің мартен әдісі, ал ғасырдың соңына қарай — конвертерлік әдіс игерілді. Темір негізіндегі қорытпалар қазіргі уақытта да негізгі конструкциялық материал болып табылады.

Өнеркәсіптік өндіріс ғылыми базасыз жүзеге асырылуы мүмкін емес. Атап айтқанда, XIX ғасырдың ортасын металтану — материалтану саласының — ғылым ретінде тууы уақыты деп есептеуге болады. Оның дамуына едәуір үлесті орыс және кеңес ғалымдары енгізді.

Ғылымның маңызды даму кезеңдерінде тоқталайық. Металтанудың негізін қалаушы біртуар орыс ғалым Д.К.Чернов (1839—1921) болып табылады. Обухов заводында жұмыс істеп, болат өндірісімен айналыса отырып, ол болатты қыздыру кезінде жүретін өзгерістерге зерттеу жүргізді, оның нәтижелері 1868 жылы жарияланды. Оның жұмысында

визуалды түрде айқындалған болатын қыздыру түстері болатын айналдыруда жүретін температураларға сәйкес келетіндігі көрсетілген. Осы температуралар сыни шектер деп аталды (Чернов шектері).

Д.К.Черновтың өзі темір — көміртегі жағдайы диаграммасының маңызды сызықтарын көрсетті. Ле-Шателье (1850—1936) ойлап тапқан пирометрді қолдана француз зерттеушісі Ф.Осмонд (1849—1912) сыни шектердің температурасын анықтады, осы температуралар кезінде өзгерістердің сипатын суреттеді және негізгі құрылымдарға атау берді. 10 жылдан кейін Д. К.Чернов қорытпалардың кристалдану теориясының негіздерін баяндады, оны одан әрі Петербург ғылым академиясының мүшесі-тілшісі Г.Г.Тамман (1861 — 1938) дамытты.

Металтанудың маңызды бағытының — металлографияның негізін қалаушы — қорытпалардың құрылымын зерделеу үшін микроскопты алғаш қолданған орыс ғалымы-металлург П.П. Аносов (1799—1851). Оның жұмыстары негізінде А. Мартенс (1850— 1914) және өзге де ғалымдар темір мен көміртегі қорытпаларының микроқұрылымдарының суреттерін әзірледі.

Ғылымның теориясына маңызды үлесті американдық Д. Гиббс (1839 — 1903) енгізді, ол термодинамиканың принциптерін пайдалана отырып, фазалардың тепе-теңдік теориясын әзірледі. Осы теорияның негізінде, сондай-ақ бірқатар ғалымдардың Ресейдегі Н. Т. Гудцовтың (1885—1957), А.А.Байковтың (1870—1946), Англиядағы Р. Аустеннің (1843 — 1902) металлографиялық талдаудың көмегімен металл қорытпаларында қатты ерітінділердің болуымен дәлелденді.

Металтанудың ғылыми негіздерін әзірлеуге едәуір үлесті қорытпаларды зерделеу үшін физика-химиялық талдау әдістерін қолданған және қорытпалардың олардың типтері мен химиялық құрамына қарай қасиеттерінің өзгеру заңдылығын орнатқан Н.С.Курнаков (1860—1941) енгізді.

Қорытпаларды беріктендіру теориясына маңызды үлесті кеңес ғалымдары енгізген еді. Атап айтқанда, Я.И.Френкель металдардың теориялық беріктелігіне есепті орындады, ол металдардың нақты беріктілігін зерделеудің түрткісі болды, нәтижесінде дислокациялар, металдардың пластикалық ағыны теориясы және дислокациялардың орын алмастыруға кедергілер құруға беріктендіру әдістері әзірленді. Полиморфты алмасулар нәтижесіндегі дәндерді ұсақтау фактілерін В. Д. Садовский орнатты, ал дисперсиялық катаюмен беріктелген түсті металдардың қорытпаларын И.Н. Фридляндер әзірледі.

Жиырмасыншы ғасыр металтануда электрондық және рентгендік материалдардың құрылымын зерттеудің жаңа әдістерін әзірлеумен және қолданумен есте қалған. Олардың қолданылуы көп жағдайларда жаңа материалдарды құру саласында маңызды жетістіктерге әсер етті. 1960-ншы жылдарда алмаздың өнеркәсіптік синтезі жүзеге асырылды, сондай-ақ табиғатта кездеспейтін синтетикалық заттар, атап айтқанда қасиеттері алмазға жақын бордың текше нитриді құрылды. XX ғасырдың бірінші жартысында полимерлер — металдардың

қасиеттерінен күрт ерекшеленетін қасиеттері бар жаңа материалдар пайда болды. Полимерлер техниканың түрлі салаларында: машина құруда, химиялық және ас өнеркәсібінде және бірқатар басқа облыстарда кеңінен қолданылады. Полиэтилендісоғысты жеңіп алуға мүмкіндік берген полимер деп атайды, себебі оның жоғары диэлектр қасиеттері көбінесе радардың тиімділігін анықтады.

Заманауи техниканың дамуы жаңа әмбебап қасиеттерімен материалдарды қолданусыз мүмкін емес. Атомдық энергетика және ғарыштық техника үшін тым жоғары температуралар кезінде және абсолютті нөлге жақын температуралар кезінде де жұмыс істей алатын материалдар қажет. Компьютерлік технологиялар ерекше электр қасиеттері бар материалдарды қолдану арасында ғана мүмкін болды. Осылайша, материалтану — техникалық прогресті айқындайтын маңызды, басым ғылымдардың бірі.

Материалтанудың міндеті материалдың құрылысы (құрылымы) және оның қасиеттері арасында өзара байланысты орнату болып табылады. Сондықтан зерттеу кезінде материалдың құрылысын зерделеу әдістері және пайдалану шарттарында материалдардың тәртібін айқындауға мүмкіндік беретін әдістер де қолданылады.

Бірінші басылымы 2001 жылы шыққан кітап орта кәсіби білім берудің түрлі мекемелерінде апробациясынан өтті. Оқу басылымының бағытын — металтану (метал өңдеу) ескере отырып, кітаптан жанар-жағармай материалдарына арналған тарау алынып тасталды. «Құралдардың материалдары» тарауы кескіш және штамптық құралдарды жасау үшін материалдарды қолдану бойынша бірқатар тәжірибелік ұсынымдарымен едәуір кеңейтілді және толықтырылды. Осы басылымда ажырамайтын қосылыстарды алу үшін пісіру және дәнекерлеу үшін қолданылатын технологиялық материалдар алғашқы рет қарастырылады.

1 - Т А Р А У

АТОМДЫҚ БАЙЛАНЫСТАРДЫҢ ТИПТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕР ЕТУІ

1.1. Атомаралық тартылыс және тебіліс күштері

Қатты денелерде атомдар арасында тартылыс және тебіліс күштері әрекет етеді. Алғашқылар материалдың тұтастығын қамтамасыз ете отырып, атомдарды бірге ұстайды, екіншілері атомдарға қосылуға жол бермейді. Қатты заттар тартылыс және тебіліс күштерінің тепе-теңдігі кезінде болады.

Тебіліс күшінің жаратылысы барлық қатты заттар бірдей. Тебіліс күші атомдар олардың сыртқы электрондарының орбиталарымен анағұрлым жанасқан кезде туындайды. Бұл ретте атомдар ядроларының оң зарядтары электрондармен толықтай экранидалмайды, оның салдарынан олардың арасында тебіліс күші туындайды.

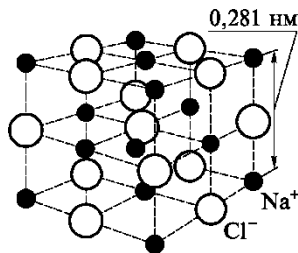
Жаратылысы бірдей тебіліс күштеріне қарағанда *тартылыс күштерінің* жаратылысы әркелкі, атап айтқанда ол материалдың қасиетін айқындайды. Тартылыс күштерімен шартталған байланыстың төрт түрі болады: иондық, коваленттік, металл және Ван-дер-Ваальс күші.

1.2. Иондық байланыс

Иондық байланыс әртекті атомдармен құрылған қосылыстарға тән. Бір элементтің атомдарының сыртқы электрондары *тұрақты электрондық конфигурацияларды* құра отырып, өзге элементтің атомдарының сыртқы орбиталарына көшеді.

Иондық байланыс типімен заттың типтік үлгісі ретінде ас тұзын — NaCl келтіруге болады.

Натрий кезеңдік жүйенің бірінші тобына жатады, оның сыртқы орбитасында бір электрон орналасқан. Хлор — жетінші топтың элементі, оның сыртқы орбитасында жеті электрон орналасқан. 1.1-сурет. Кристалдық тор.



NaCl натрийдің бір электронының хлор орбитасына көшуі тұрақты конфигурациясымен екі түрлі зарядталған ионның құрылуына әкеледі.

Натрийдің оң ионы неонның тұрақты конфигурациясы алынады; хлордың теріс ионы — аргонның тұрақты конфигурациясы. Атомаралық тартылыс күші — электр статистикалық, сондықтан иондық байланыс күшті болып табылады.

Иондық байланыспен қатты зат әр оң ионның жанында теріс иондар ғана және керісінше болатындығымен сипатталады (1.1-сурет). Осылайша, заттағы атомдар қатаң реттеліп орналастырылады.

Байланыстың иондық типі химиялық қосылыстар үшін тән. Иондық байланыс типімен анағұрлым танымал және кеңінен таралған материал — шыны, оның негізі түрлі элементтердің оксидтері болып табылады.

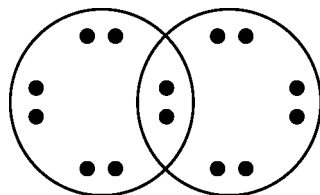
1.3. Коваленттік байланыс

Коваленттік байланыс бірнеше электрондардың атомдарын *ортақтастыру* жолымен тұрақты қосылыстардың құрылуы нәтижесінде орнатылады. Осындай байланыстың үлгісі екі атоммен құрылған хлордың молекуласы қызмет ете алады, олардың әрқайсысында сыртқы орбитасында жеті электроннан бар. Сыртқы орбитада сегіз электронның болуы тән тұрақты конфигураци бір электронды ортақтастыру нәтижесінде құрылады (1.2-сурет).

Тұрақты конфигурациялардың құрылуы 8 – N ережемен анықталады, N—сыртқы орбитасында электрондардың саны. Осылайша, оттегі молекуласымен екі электрон ортақтастырылады, себебі оттегі атомының сыртқы орбитасында алты электрон болады.

Коваленттік байланыс көптеген *кристалдық қатты денелер* үшін тән. Ол үшін үлгі алмаз— коваленттік байланыспен көміртегінің кристалдық модификациясы. Көміртегі төрт валентті электрон бар. Алмаздың құрылуы төрт атомның әрқайсысының бір электроны бойынша ортақтастыру кезінде жүреді.

Коваленттік байланыстың механикалық беріктігі оның бағытталған сипаты салдарынан анағұрлым жеткілікті. Шынында, байланыс күші заттың жаратылысына байланысты. Осылайша, ол алмазға едәуір үлкен және коваленттік байланыс тән болып табылатын полимерлерде біршама әлсіз болады.



1.2-сурет. Хлормолекуласы

1.4. Металл байланысы

Металдардың атомдарында ядромен әлсіз байланысты сыртқы электрондардың кішігірім саны (бір немесе екі) болады. Сыртқы орбиталарда тұрған электрондардың атомдарымен жақындаған кезде өз атомдарымен байланысты жоғалтады және ұжымдастырылады, яғни *электрондық газ* құра отырып, аталған металдың барлық атомдарының игілігі болады. Оң зарядталған иондар теріс зарядталған электрондан және оң зарядталған иондар арасында тартылыс күші иондар арасында тебіліс күшімен теңдестірілетіндей бір бірінен арақашықтықта орналастырылады.

Электрондық газдың болуы металдың қасиетін анықтайды: жоғары жылу және электр өткізгіштік. Байланыстың иондық және коваленттік типтері үшін тән атомдар арасында күшті бағытталған байланыстардың жоқтығы металдардың маңызды қасиеттерінің бірін — олардың иілгіштігін, яғни пішінді бұзбай өзгерту қабілеттілігін анықтайды. Сондықтан металл өнімдерді жасау кезінде пластикалық өзгерту әдістері — соғу, жұқарту, тарту кеңінен қолданылады.

1.5. Ван-дер-Ваальс күші

Осы күштің пайда болуы атомдар шағын *диполдар* болып табылуымен байланысты. Орташа уақытпен электрондар атомда ядроға қатысты кеңістікте симметриялы орналасқан, алайда әр нақты уақытта теріс зарядтардың орталығы оң заряды бар ядромен сәйкес келмеуі мүмкін, осылайша дипол құрылады. Диполдардың өзара іс-қимылы тартылыс күшінің туындауына әкеледі. Осы іс-қимыл бір атоммен құрылған диполдың болуы салдарынан біршама күшееді, көршілес атомда диполдың туындауына ықпал етеді.

Ван-дер-Ваальс күші барлық атомдар арасында болады. Олар әлсіз және жоғарыда қарастырылған басқа типтердің анағұрлым күшті байланыстар болмаған кезде ғана мәнге ие болады. Осы күш полимерлердің негізі болып табылатын үлкен органикалық молекулалардың өзара іс-қимылына ғана әсер етеді.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Атомдық байланыстардың типтерін сипаттаңыз.
2. Қандай заттар үшін иондық байланыс типі негізгі болып табылады?
3. Қандай заттар үшін коваленттік байланыс типі негізгі болып табылады?
4. Қандай заттар үшін металл байланыс типі негізгі болып табылады?
5. Қай жағдайда Ван-дер-Ваальс күшін ескеру қажет?

2 - Т А Р А У

МЕТАЛДАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫСЫ

2.1. Металдар және қорытпалар туралы ұғым

Қазіргі уақытта баршаға мәлім элементтердің ішінен жартысынағ көбі металдар болып табылады. *Металдар*— ерекше металдық жылтырауыққа, иілгіштікке, жоғары жылу және электр өткізгіштікке ие мөлдір емес заттар. Металдарды соңғы қасиеті бойынша басқа заттардан жеңіл айыруға болады (ағаш, шыны және т.б.).

Барлық металдар және олардан құрылған қорытпалар темір және оның негізіндегі қорытпалар жататын (олардың үлесіне металл өнімдері әлемінде шығарылатын шамамен 95 % тиесілі) *қара және түсті* металл деп бөлінеді. Техникада шартты сыныптама қабылданған, онда түсті металдар топтарға бөлінеді: жеңіл (Al, Mg), ауыр (Cu, Pb), қиын балкитын (W, Mo), асыл (Au, Pt), шашыраңқы (Gd, In), сирек жерлік (Sc, Y), радиоактивтік (Ra, U).

«Таза металл» ұғымы шартты болып табылады, кез келген таза металл қоспаларды қамтиды. Осы термин 0,010...0,001% қоспаларды қамтитын металды білдіреді. Заманауи металлургия жоғары таза металдарды алуға мүмкіндік береді (99,999 %). Алайда, қоспалар, шағын көлемде болса да, металдың қасиеттеріне әсер етуі мүмкін.

Таза металдар төмен беріктікке ие, сондықтан олардың техникада конструкциялық материалдар ретінде қолданысы шектелген. Таза металдармен салыстырғанда аса жоғары беріктік пен каттылыққа ие қорытпалар кеңінен қолданылады.

Қорытпалар — бұл екі немесе одан да көп құрамдауыштарды қоспа қылып шығарумен немесе бірігумен алынатын күрделі заттар. *Құрамдауыштар* — қорытпаны құрайтын қарапайым заттар (көбінесе, бұл химиялық элементтер). Қоспа қылып шығару барысында қорытпаның барлық құрамдауыштары бастапқыда сұйық күйінде болады; біріктіру кезінде, ең дегенде, құрамдауыштардың біреуі қатты күйінде болады. Қорытпалар металдардан, мысалы латунь — бұл екі екі металдың: мыс пен мырыштың қорытпасы немесе металдардан және бейметалдардан ғана тұрады, осылайша, техникада анағұрлым таралған материалдар — болат пен шойын темір мен көміртектінің қорытпалары болып табылады. Металл қорытпасының құрылысы таза металға қарағанда анағұрлым күрделі.

Металдар мен қорытпалардың құрылысын, айналымдарын және қасиеттерін қарау үшін «фаза» және «құрылым» ұғымдарын енгізейік.

Фаза бірдей химиялық құрамына, құрылысына ие және басқа фазалармен бөлу шекарасы бар және көшу кезінде олар арқылы қорытпаның қасиеттері күрт өзгеретін қорытпаның біркелкі бөлігі аталады. Мысалы, сұйық металл бір фазалық жүйе болып табылады. Кристалдандыру процесінде жүйе екі фазадан тұрады: сұйық және қатты. Бұл ретте фазалардың қасиеттері едәуір ерекшеленеді. Фазалар жеке металдар немесе бейметалдар, химиялық және өзге де қосылыстар болуы мүмкін.

Құрылым металдың құрылысын, яғни фазалардың санын, олардың пішінін және өлшемін, сондай-ақ өзара орнын білдіреді. *Құрылымдық құрамдас қорытпалар* оларға тән ерекшеліктермен бірдей құрылысы бар қорытпаның оқшауланған бөлшегі деп аталады. Құрылымдық құрамдас бөлшектер бір, екі немесе одан да көп фазалардан тұруы мүмкін.

2.2. Металдардың атомдық-кристалдық құрылысы

Жалпы мәліметтер. Әр металл (зат) төрт агрегатты күйде болуы мүмкін: газ тәрізді, сұйық, қатты және плазма түрінде.

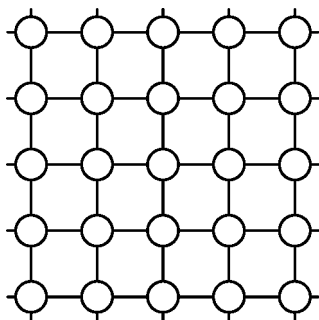
Газ тәрізді күйінде атомдар (бөлшектер) арасында арақашықтық үлкен, өзара іс-қимыл жасау күші шағын және атомдар бір-бірін итеріп, кеңістіктікте абыл-сабыл орын ауыстырады. Газ тәрізді заттардың атомдары үлкен кинетикалық энергияға ие.

Сұйық металда атомдар жақын тәртіпті ғана сақтайды, яғни шағын көлемде атомдардың кішігірім саны реттелген және заңға сәйкес орналасқан. Жақын реттілік тұрақты емес, ол жылу ауытқулардың іс-әрекетімен туындауы және жоғалып кетуі мүмкін.

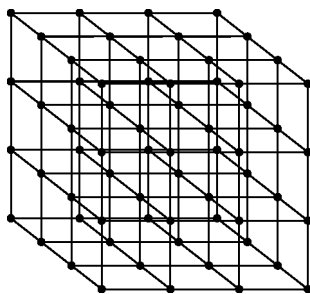
Қатты күйінде тұрған металдарда атомдардың орналасу тәртібі қатаң түрде айқындалған және заңға сыйымды, өзара іс-қимыл жасау күші теңдестірілген, дене өз пішінін сақтайды. Металдар атомдардың кеңістіктікте дұрыс заңға сәйкес орналасуымен кристалдық құрылысқа ие.

Атомдардың заңға сәйкес орналасуы (атап айтқанда, оң зарядты иондар) 2.1-суретте келтірілген. Бір кеңістікте орналасқан атомдардың орталықтары арқылы жүргізілген жорамалдағы сызықтар тораптарда атомдар орналасқан торды құрайды. Осындай конфигурация *кристаллографиялық жазықтық* деп аталады.

Кеңістіктікте кристаллографиялық жазықтықтардың бірнеше рет қайталануы *кеңістікті кристалдық торды* алуға мүмкіндік береді (2.2-сурет). Кеңістікті кристалдық тор суретте күрделі,



2.1-сурет Атомдардың заңға сәйкес орналасуы



2.2-сурет кеңістікті кристалдық торды

сондықтан кристалдардың атомдық құрылысы туралы түсінік қарапайым кристалдық ұяшықтар түріде беріледі. *Қарапайым кристалдық ұяшық* жалпы алғанда металдың атомдық құрылымы туралы түсінікті беретін шағын көлемді білдіреді, оның кеңістікте қайталануы кристалдық торды құрайды.

Қарапайы кристалдық ұяшығы келесідей негізгі параметрлермен сипатталады: тордың аралығы, үйлестіру саны, атомдық радиус, базис (атомдық тығыздық).

Тордың аралығы деп қарапайым тордың ұяшығында екі көршілес бөлшектердің (атомдар, иондар) орталықтары арасындағы арақашықтықты атайды (2.3-сурет).

Тордың аралығы нанометрлерде (нм) немесе пикометрлерде (пм) өлшенеді.

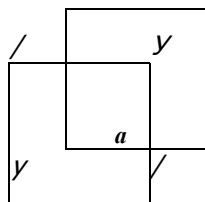
К үйлестіру саны торда кез келген таңдап алынған атомнан жақын арақашықтықта тұрған атомдардың санын көрсетеді.

Атомдық радиус тепе-теңдік шарттарда элементтің кристалдық ұяшығында жақын атомдардың орталықтары арасындағы атомаралық арақашықтықтың жартысын білдіреді.

Тордың *базисі* тордың бір қарапайым ұяшығына келетін атомдардың санын білдіреді.

Кристалдық құрылыстың қарапайым типі текше тор болып табылады, онда атомдар текшенің бұрыштарында орналасады (2.3-суретті қараңыз). Оның үлгісінде тордың негізгі параметрлерін көрсетеміз:

- тордың аралығы a тең;



2.3-сурет. Қарапайым текше кристалдық тор

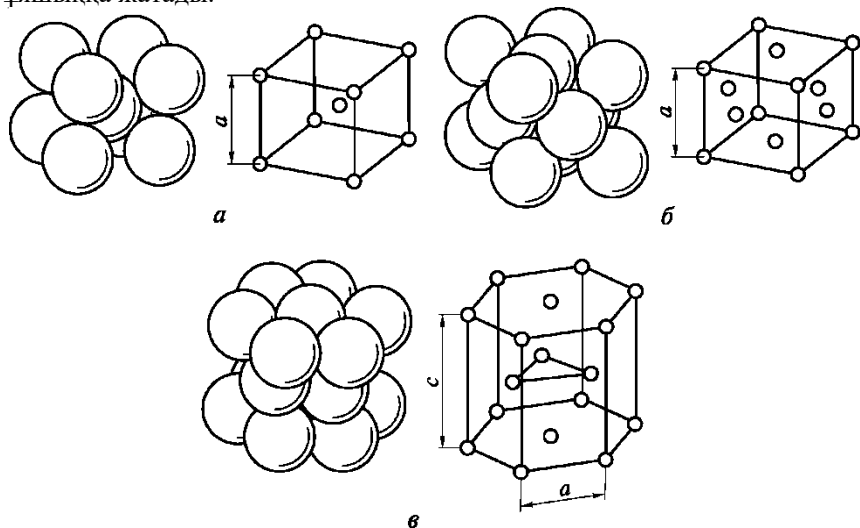
- үйлестіру саны $K = 6$;
- тордың базисі 1 $((1/8) \cdot 8 = 1$ тең, текшенің бұрыштарында орналасқан атомдардың әрқайсысы сегіз қарапайым ұяшықтың ішінен біреуі келеді, яғни бір ұяшыққа $1/8$ атом келеді).

Қарапайы текше торда атомдар жеткілікті тығыз салынбаған (қапталмаған). Атомдардың анағұрлым бір-біріне жақын орынды иеленуге ынтасы тордың жаңа типтерінің құрылуына әкеледі.

Металдардың көбіне кристалдық торлардың келесідей типтері тән: көлемдік-орталықтандырылған текше (КОТ); қырлы-орталықтандырылған текше (КОТ); гексагонал тығыз қапталған (ГТК). Кристалдық торлардың негізгі типтері 2.4-суретте көрсетілген.

Көлемдік-орталықтандырылған торда (2.4, а-сурет) атомдар текшенің бұрыштары мен орталығында орналасқан. Тордың аралығы a тең, үйлестіру саны $K = 8$, тордың базисі 2 $((1/8) \cdot 8 + 1 = 2$ тең; 8 атом текшенің бұрыштарында орналасқан, текшенің орталығындағы 1 атом бір ғана ұяшыққа ғана жатады). Тордың осы типінде K, Na, Li, Ta, W, Mo, Fe, Cr, Nb металдар және басқаларда бар.

Қырлы-орталықтандырылған текше торда (2.4, б-сурет) атомдар текшенің бұрыштарында және оның қырларының орталықтарында орналасқан. Осы тор a аралығымен, $K = 12$ үйлестіру санымен, 4-ке тең базиспен сипатталады: $(1/8) \cdot 8 + 1/2 \cdot 6 = 4$; текшенің бұрыштарында 8 атомның және қырлардың орталықтарындағы 6 атомның екі қарапайым ұяшыққа жатады.



2.4-сурет. Кристалдық торлардың типтері және оларда атомдарда қаптау схемалары:

a — көлемдік-орталықтандырылған текше; b — қырлы-орталықтандырылған текше; c — гексагонал тығыз қапталған

Текше қырлы-орталықтандырылған торда келесідей металдары болады: Ca, Pb, Ni, Ag, Au, Pt, Fe_g және басқалары.

Гексагонал тығыз қапталған торда (2.4, в-сурет) атомдар призманың алты қырлы негіздерінің ұштарында және орталықтарында орналасқан, бұдан басқа үш атом призманың орташа жазықтығында болады. Тордың аралығы — *а* және *c*, бұл ретте $c/a > 1$ (мысалы, Ru, Cd үшін $c/a = 1,633$ және Mg, Zn үшін $c/a > 1,633$), үйлестіру саны $K = 12$, тордың базисі 6 тең.

Металдарда полиморфты айналымы. Бірқатар металдар үшін *полиморфизм* туындауы тән. Осы терминмен кристалдық торлардың түрлі типтерін қалыптастыруға заттың қабілеттілігін атайды. Осылайша, түрлі температуралар барысында темір КОТ немесе ҚОТ торына, кобальт — ҰОТ және ГТҚ торына ие. Полиморфизм басқа металдарға да тән.

Сол бір заттың түрлі кристалдық пішіні *полиморфты* немесе *аллотропиялық түрлену* деп аталады. Төмен температуралық түрленуді а деп атайды, ал жоғары температуралық түрлену — b, g, 8 және т.б. Бір түрленуден екіншісіне кристалдық торды өзгертіп айналуы *полиморфты айналу* деп аталады. Полиморфты айналу қыздыру немесе салқындару нәтижесінде болады: таза металдарда тұрақты температура кезінде, ал қорытпаларда — температуралар интервалында.

Кристалдардың анизотропиясы және кристалдық денелердің изотропиясы. Кристалдық торларда атомдық тығыздылық түрлі жазықтықтар бойынша бірдей емес — түрлі атомдық жазықтықтардың аудан бірлігіне атомдардың бірдей емес саны келеді. Мысалы, КОТ торы үшін қырмен сәйкес келетін жазықтықтағы атомдардың санын салыстырайық. Кристалдық тордың түрлі жазықтықтағында және бағыттарында осы қасиеттердің салдарынан бірдей болмайды. Түрлі кристаллографиялық бағыттары бойынша қасиеттердің түрлілігі кристалдың *анизотропиясы* деп аталады.

2.3. Нақты металдардың құрылысы

Нақты металдардың құрылысы мүлтіксіз металдардан едәуір ерекшеленеді. Кристалдардың (металдардың) *мүлтіксіз құрылысы* барысында барлық атомдар теориялық тұрғыдан кристалдық тордың тораптарында қатаң түрде болады. Осындай металдың теориялық беріктігі өте жоғары. Осылайша, ығысу барысында теориялық беріктігі (жанама кернеудің әрекетімен) $\tau_{\text{ығысу}} = G/(2p)$, мұнда G — ығысу модулі (Юнг модулі). Осы формулаға сәйкес темірдің теориялық беріктік шегі шамамен 13 000 МПа құрайды, диаметрі 1 мм болатын сымның осындай беріктігі тоннада аса массасымен жүкті ұстайды (темір үшін $G = 80$ ГПа). Шынында, темірдің беріктігі шамамен 100 есе аз — 150

МПа. Осындай сәйкессіздік металдардың мүлтіксіз және нақты құрылысының түрлігімен түсіндіріледі.

Біріншіден, техникалық металдар кристалдардың (дәндердің) үлкен көлемімен тұрады, яғни *жартылай кристалдық заттар* болып табылады, бұл ретте кристалдар (дәндер) нақты металда дұрыс пішіні және атомдардың мүлтіксіз реттілікті орналасуы жоқ. Екіншіден, жартылай кристалдардың өздерінде *жетілмегендіктің (ақаулықтардың)* түрлі тегі болады. Кристалдық құрылыстың нүктелік, сызықтық және беттік жетілмегендіктері болады.

Нүктелік ақаулықтар барлық үш өлшемде шағын. Оларға *бос орындар және торапаралық (дислокацияланған) атомдар* жатады (2.5-сурет). Нүктелік ақаулықтардың құрылуы жылу ауытқулардың әрекетімен атомдардың диффузиялық орын ауыстырумен байланысты. Металдың температурасы көтерілген сайын бос орындар саны өседі.

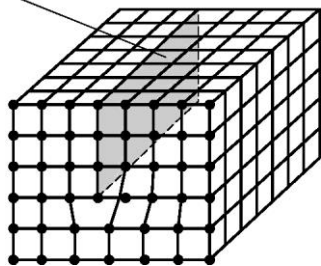
Нүктелік ақаулықтар металдардың кейбір физикалық қасиеттеріне (электр өткізгіштік, магниттік қасиеттер және т.б.) және металдар мен корытпалардағы фазалық айналымдарға әсер етеді.

Сызықтық ақаулықтар екі өлшемде шағын мөлшеріне және үшінші өлшемде үлкен ұзындыққа ие. Осы жетілмегендіктер *дислокациялар* деп аталады. Дислокациялар кристалдандыру процесінде және ең бастысы металды өзгерту кезінде құрылады. Шеттік, бұрандалық және аралыс дислокация болады.

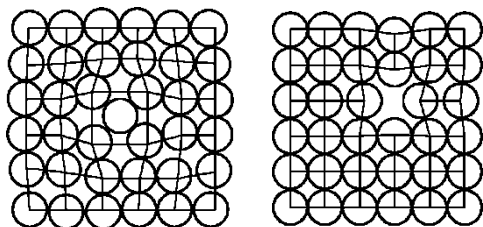
Шеттік дислокацияны қарастырайық — ол кристалдық тордың үстіңгі бөлігінде атомдардың артық жартылай жазықтық (экстра жазықтық) ретінде құрылыстың бұрмалануын білдіреді (2.6-сурет). Шеттік дислокация мындаған атомдық қатарға ұзындық бойынша жайылады; ол тік болуы мүмкін, сондай-ақ кез келген жаққа бүгіледі. Дислокациялардың бары, ең алдымен, металдардың беріктігін айқындайды.

2.6-сурет. Кристалдық тордың

Экстра жазықтық



сызықтық ақаулығы —
шеттік дислокация



а

б

2.5-сурет. Нүктелік ақаулықтардың сызбасы:

а — дислокацияланған атом; *б* — бос орын

Мүлтіксіз металда бір бөліктің екіншісіне қарай ығысу үшін барлық атомаралық байланысты біруақтылы бұзу (үзу) қажет. Дислокациялардың бары кезінде барлық атомаралық байланыстардың біруақтылы бұзылмауымен, кезекпен — бірінен кейін бірімен қол жеткізіледі — бұл ретте дислокацияның орнын ауыстыруы жүреді (2.7-сурет). Әрине, ол үшін едәуір аз күшті салу талап етіледі. Дислокациялар өте аз кернеу — 10^8 Па аз барысында орын ауыстыруы мүмкін.

Пластикалық деформация дислокациялардың сырғуы есебінен жеңілдейтіндіктен, беріктікті арттыру мүлтіксіз құрылысты металды алумен немесе дислокациялардың қозғалыс жолында кедергілерді құру есебінен қол жеткізілуі мүмкін.

Кедергілер болып басқа дислокациялар, қоспалардың атомдары, дәндердің шекаралары, яғни торды құру ақаулықтары болып қызмет

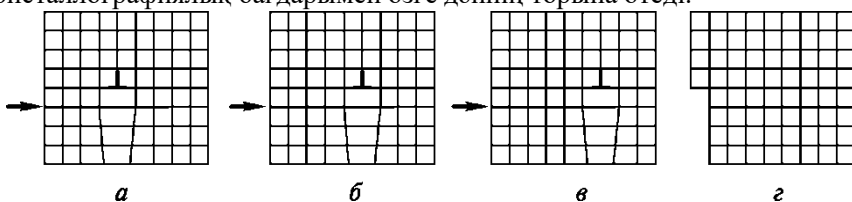
2.7-сурет. Шеттік дислокацияның сырғу схемасы: a —

g — дислокацияның орын ауыстыру кезеңдері

етеді (2.8-сурет).

Теориялыққа жақын беріктік *мұрт* деп атау алған өте жұқа дислокациясыз кристалдарда бар; нақты бұйымдар үшін оны алу мүмкін емес. Сондықтан беріктікті ұлғайтуға беріктендірудің түрлі тетіктерінің көмегімен ақаулықтардың тығыздылығын арттыру есебінен болады (тойтарма, дисперсиялық қатаю және басқалары).

Беттік ақаулықтар бір ғана өлшемде шағын. Оларға *жеке дәндер арасындағы бөлімнің беті* жатады. Дәндер арасындағы шекара 10 атомаралық қашықтыққа дейін енімен өтпелі облысты білдіреді, онда белгілі бір кристаллографиялық бағдары бар бір дәннің торы өзге кристаллографиялық бағдарымен өзге дәннің торына өтеді.

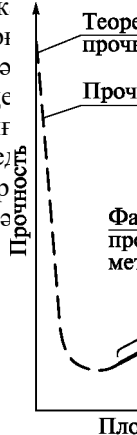
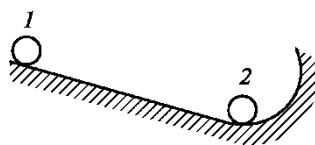


и других искажений

2.8-сурет. Кристалдық тордың бұрмалануынан металл беріктігінің тәуелділігі

Өтпелі қабаттың құрылысы күрделі: онда атомдардың дұрыс орналастырылуы бұзылған (2.9-сурет), қоспалардың концентрациясы

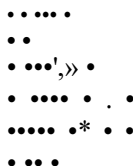
жоғарылатылған, дислоциялар жиналған. Дәндер шекаралары дислокациялардың орын ауыстыруына кедергі жасайды. Дислок дәннің шекарасынан өте алмайды, себебі жаңа дәнде сыртқы жазықтығы осы дислокацияның қозғалыс жазықтығымен сәйкес келмейді. Шекаралардың ұзындығы ұзақ болған сайын, дәнде өлшемі кішірейді. Шекаралар ұзындығының ұлғайуы дислокациялардың орын ауыстыруына анағұрлым кедергі жасайтындықтан, дәннің ұсақталуы металл материалдарының беріктігі және аққыштық шектерінің артуына әкеледі. Аққыштық шегінің дәл



келе

сидей:

Дәндер шекарасы 2 дән _ _



2.9-сурет. Атомдардың дәннің ішінде және дәндер арасындағы шекарада орналасуы

$$\sigma_T = \sigma_0 + k d^{-1/2},$$

мұнда σ_0 және k — материал константалары; d — дәннің өлшемі.

2.4. Металлдарды кристалдандыру

Металдың сұйық күйінен қаттыға көшуі *бастапқы кристалдандыру* деп аталады. Ол жүйенің тұрақсыз термодинамикалық күйінен тұрақтыға, яғни анағұрлым көп энергиясы бар күйінен энергиясы аз күйіне өтуі салдарынан өтеді.

Осы процесті 2.10-суретте көрсе-тілген схеманың көмегімен суреттеп көрейік. Шар 1-орыннан 2-анағұрлым тұрақты орынды иеленуге ынталанады, себебі оның әлеуетті энергиясы 1-орынға қарағанда 2-орында аз.

2.10-сурет. Бос энергияны азайтуға жүйенің ұмтылуы

Жүйенің энергетикалық күйінің сипаттамаларының бірі бос энергия болып табылады. *Бос энергия* температураның өзгерісі, полиморфты айналымдар, балқыту және т.б. кезінде қайтымды өзгеретін заттың толық энергиясының бір бөлігі деп аталады. Температура көтерілген сайын бос энергияның шамасы азаяды. Сұйық және қатты заттың бос энергиясының өзгеруі 2.11-суретте көрсетілген.

Бос энергия шамасының T теңдестірілген температурасы кезінде сұйық және қатты күйінде металл тең болады.

T жоғары температура кезінде бос энергияны аз қоры бар сұйық металл анағұрлым тұрақты, ал осы температурадан төмен қатты металл едәуір тұрақты. кристалдандыру процесі сұйық металл T_s төмен салқындатқан жағдайда ғана дамиды.

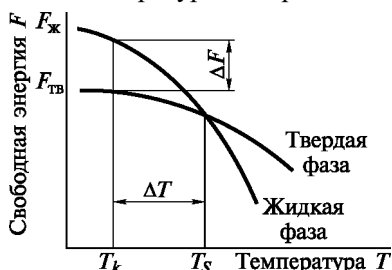
Іс жүзінде кристалдандыру процесі басталатын температура T_k кристалдандырудың нақты температурасы деп аталады.

T_s және T_k температуралары арасындағы айырмашылық *тым суып кету дәрежесі* деп аталады:

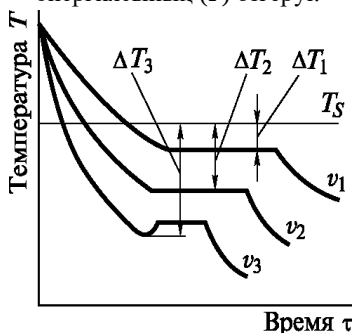
$$\Delta T = T_s - T_k.$$

Металдың сұйық күйінен қаттыға өту процесін уақыт t — температура T координаталарында қисық салқындату көмегімен суреттеуге болады.

2.12-суретте әр түрлі жылдамдықпен салқындату кезінде таза металдардың кристалдануын сипаттайтын қисық салқындату көрсетілген (v_1, v_2, v_3). Кристалдандыру тұрақты температура барысында өтеді, сондықтан қисық салқындатуда көлденең алаң пайда болады (температураның түсуіндегі тоқтау), оның құрылуы *кристалдандырудың жасырын жылудың* бөлінуімен түсіндіріледі. Балқыту барысында жылу сіңіріледі, ол атомдар энергиясының артуына, яғни металдың кристалдық торын бұзуына жұмсалады. Бұл жылу жасырын деп аталады. Кристалдандыру процесінде кері құбылыс жүреді, атап айтқанда температураның түсуін тоқтататын кристалдандырудың жасырын жылуы ретінде энергия бөлінеді.



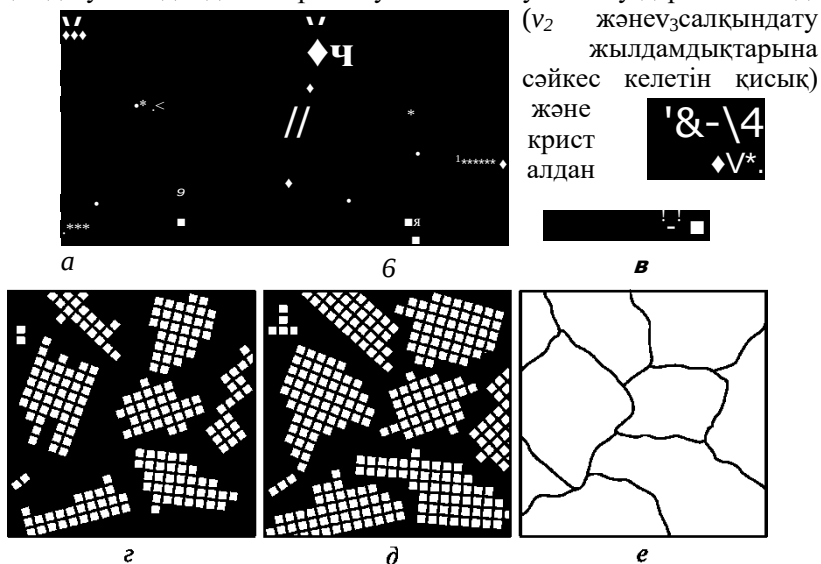
2.11-сурет. Температураға байланысты сұйық (E_c) және қатты (E_k) металдың бос энергиясының (F) өзгеруі:



2.12-сурет. Таза металдың қисық салқындауы:

DT_1, DT_2, DT_3 — v_1, v_2, v_3 салқындату жылдамдықтары кезінде тым суып кету дәрежелері, тиісінше ($v_1 < v_2 < v_3$)

Өте баяу салқындату кезінде тым суып кету дәрежесі төмен және кристалдандыру теңдестірілгенге жақын температура кезінде жүреді. Салқындату жылдамдығын ұлғайтумен тым суып кету дәрежесі өседі



2.13-сурет. Кристалдандыру процесінің

схемасы: а — е — кристалдандыру кезеңдері

дыру процесі кристалдандырудың теңдестірілген температурасына қарағанда анағұрлым төмен температураларда өтеді.

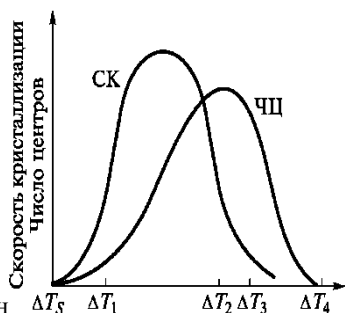
#V

Кристалдандыру үшін қажетті тым суып кету дәрежесі металдың жаратылысынан және тазалығынан тәуелді. Металл анағұрлым таза болған сайын, соғұрлым тым суып кетуіне қатты кристалдар ұрықтарының туындау үшін талап етіледі.

Кристалдандырудың схема түріндегі процесі 2.13-суретте көрсетілген. Басында сұйық қорытпаның көптеген учаскелерінде кристалдандыру орталықтары (кристалдардың ұрықтары) пайда болады. Оларды сұйық қорғағанша, кристалдар еркін өседі және дұрыс геометриялық пішінге ие болады. Алайда, өсетін кристалдардың соқтығысуы барысында олардың дұрыс пішіні бұзылады, себебі байланыстың (шекараның) учаскелерінде олардың өсуі тоқталады. Кристал сұйықтықпен жанасу бағытында ғана өседі. Нәтижесінде түпкілікті қатаюдан кейін кристалдар симметриялы емес (дұрыс емес) пішінге ие болады. Оларды *дәндер* немесе *кристаллит* деп атайды.

Кристалдандыру процесінің жылдамдығы екі шамамен айқындалады: кристалдандыру орталықтарының туындау жылдамдығы және кристалдардың өсу жылдамдығы.

Кристалдандыру орталықтарының туындау жылдамдығы көлем бірлігінде уақыт бірлігі ішінде туындайтын ұрықтар санын білдіреді. *Кристалдардың өсу жылдамдығы* уақыт бірлігі ішінде кристалдың сызықтық өлшемдерін ұлғайту жылдамдығын білдіреді.



2.14-сурет. Тым суым кету дәрежесінен кристалдандыру орталықтарының туындау жылдамдығының (ОС) және кристалдар өсуі жылдамдығының (СК) тәуелділігі:

Тым суып кету шамасы AT

T_5 — тендестірілген температура

Кристалдандырудың орталық саны (ОС) және кристалдар өсуінің (КӨ) жылдамдығы тым суып кету дәрежесіне тәуелді. Кристалдандырудың T_5 тендестірілген температурасы кезінде ұрықтар саны және олардың өсу жылдамдығы нөлге тең (2.14-суре), сондықтан катаю жүзеге асырылмайды, тым суып кету дәрежесін ұлғайтқан кезде осы параметрлер өседі және тым суып кетудің түрлі дәрежелерімен максимумға жетеді.

Тым суып кетудің AT_1 кішігірім дәрежесі кезінде (2.14-суретті қараңыз) ұрықтар саны аз, ал жылдамдығы жоғары. Осы шарттарда ірі дін алынады. Тым суыр кету дәрежесі ұлғайғанда — AT_2 и AT_3 кезінде — ұрықтардың саны олардың өсу жылдамдығына қарағанда тым өседі және дәннің өлшемі металда төмендейді.

Тым асып кетудің AT_4 аса үлкен дәрежелері кезінде кристалдандыру орталықтарының саны және өсу жылдамдығы нөлге тең, себебі төмен температура барысында атомдардың диффузиялық қозғалысы өте төмен және кристалдандыру жүрмейді. Нәтижесінде катаюдан кейін атомдар реттеліп орналастырылмай, аморфты құрылым пайда болады. Металдарда оған салқындатудың өте жоғары жылдамдықтары кезінде ғана қол жеткізіледі (8.9-кіші бөлімін қараңыз), бұл ретте шыныларда осындай құрылым (12.2.2-кіші бөлімін қараңыз) салқындатудың қарапайым жылдамдықтары кезінде алынады.

Осылайша, салқындату жылдамдығы дәннің шамасын анықтайды: ол жоғары болған сайын, металдың дәні ұсақ болады. Ұсақ дәнді құрылымына ие металл ол аса жоғары беріктікке ғана емес, сондай-ақ өте екпінді жабысқақтыққа және иілгіштікке ие болады. Ұсақ дәнді алу үшін жоғары жылдамдықпен салқындату үлкен массадағы құймалар үшін мүмкін емес. Осы жағдайда сұйық металған баяу балқитын бөлшектер (оксидтер және басқалары) енгізіледі, олар кристалдандырудың жасырын орталықтары болып табылады және *модикаторлар*, ал процестің өзі — *түрлену* деп аталады. Түрлену, іс жүзінде металдың құрамын өзгертпей, кристалдандыру барысында ұсақ дәннің алуын қамтамасыз етеді.

2.5. Құймалардың құрылысы

Металдың қатаюы процесінде құрылатын кристалдар салқындату жылдамдығына және қоспалардың санына байланысты түрлі пішімге ие болуы мүмкін. Жылуды бұру бағытында кристалл басқа бағыттарға қарағанда тез өседі, нәтижесінде ағаш тәрізді кристалл — *дендрит* құрылады (2.15-сурет). Дендриттің схема түріндегі суретін алғаш рет Д.К.Чернов жасаған.

Кристалдардың дендритті құрылысы құю металы үшін типтік болып табылады. Сұйық металдың кристалдандырылуы құймақалыптың қабырғаларында басталады. Бұл ретте елеулі интенсивті салқындату кристалдандыру орталықтарының орасан зор сандарының құрылуына әкеледі. Салқындатудың жоғары жылдамдығына байланысты құрылған кристалдар өсуге үлгермейді, сондықтан құйманың бірінші аймағында *ұсақ дәнді құрылыс* болады (2.16-сурет). Бірінші аймақ құрылғаннан кейін кристалдандыру шарты өзгереді. Салқындатылатын металл температурасының төмендеуі құймақалып қабырғалары температурасының көтерілуі салқындату жылдамдығының төмендеуіне әкеледі. Кристалдандырудың осы сатысы үшін жылуды құймақалып қабырғаларына перпендикулярлы бағытталған бұру тән. Осы мезетте құрылатын кристалдар сұйық металдың ішіне құймақалып қабырғаларына перпендикулярлы өседі. Бұл құйманың екінші аймағының — *бағаналы кристалдар аймағының* құрылуына әкеледі.

Одан әрі кристалдандыру процесінде жылуды бұру бағыты жоғалады, салқындату жылдамдығы анағұрлым төмендейді, сондықтан құйманың орталық бөлігінде *ірі тең осьтік кристалдар* құрылады.

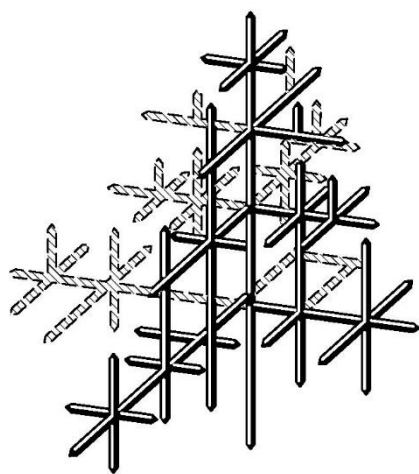
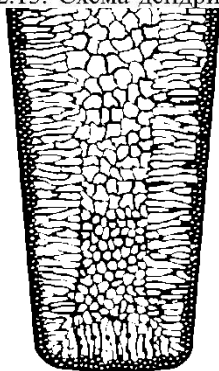


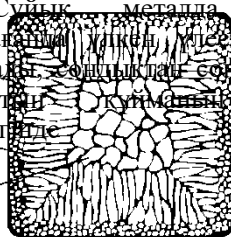
Рис. 2.15. Схема дендрита



Металды кристалдандыру қажеттілігіне қарай қоспалар сұйық бөлігіне ығыстыралады. Бұл элементтердің шағын көлемде және құйманың түрлі аймақтарында әркелкі орналасуын айқындайды.

Металл көлемінде химиялық элементтердің әркелкі орналасуы ликвация деп аталады.

Сұйық металл каттыға қарағанда үлкен ұястық көлемі болады, сондықтан соңғы кезекті қататан бөлігіне үстіңгі бөлігіне



2.16-сурет. Құйма құрылысының схемасы:

1 — ұсақ кристалдар аймағы; 2 — бағаналы кристалдар аймағы; 3 — ірі тең осьтік кристалдар аймағы

қуыс — қондыру қалқаны құрылады, әдетте ол металдың анағұрлым ластанған бөлігімен қоршалған. Құйманың үстіңгі бөлігін кесіп тастайды және қайта балқытады, ал қалдық металл қысыммен өңдеуге ұшырайды.

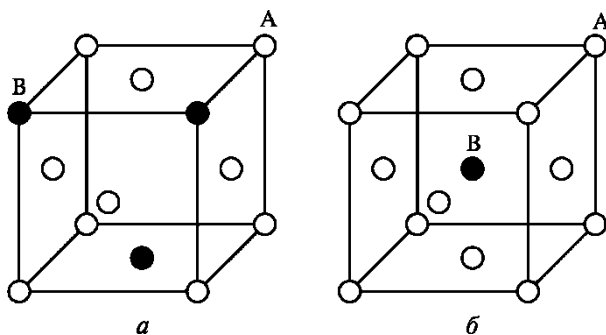
2.6. Қорытпалар теориясының негіздері. Күй диаграммасы

2.6.1. Қорытпалардың типтері

Қорытпалардың келесідей типтері болады: қатты ерітінділер, химиялық қосылыстар, қоспалар.

Қатты ерітінді типінің қорытпалары олардың құрылуы барысында бір құрамдауыш (еріткіш) өзінің кристалдық торын сақтауымен, ал басқаның (ерітілгеннің) атомдары еріткіштің кристалдық торында орналасуымен сипатталады. Осылайша, осы типтің қорытпалары бір фазалы, оларда еріткіштің кристалдық торы болады. Қатты ерітінді типінің қорытпаларындағы құрамдауыштарының атомдары реттеліп орналасқан.

Еріткіш құрамдауыштың атомдары алмасудың қатты ерітіндісін құра отырып, кристалдық торда ерітіндінің атомдарын алмастырады



2.17-сурет. Алмасудың қатты ерітіндісінің (*a*) және енгізудің қатты ерітіндісінің (*б*) кристалдық торы:

A — ерітінді құрамдауыштың атомдары; B — ерігіш құрамдауышының атомдары

немесе енгізудің қатты еріткішін құра отырып, оның кристалдық торында еріткіштің атомдары арасында орналасады (2.17-сурет).

Алмасудың қатты ерітінділері элементтердің кезеңдік жүйесіне жақын орналасқан металдардан тұрады. Өзара ерігіштік бойынша құрамдауыштардың шектелмеген және шектелген ерігіштігімен қатты ерітінділер болады. Құрамдауыштардың шектелмеген ерігіштігімен қатты ерітінділерде ерітінді құрамдауышының кез келген концентрациясы мүмкін (100 % дейін).

Шектелмеген ерігіштікпен алмасудың қатты ерітінділері келесідей жағдайларда құрылады:

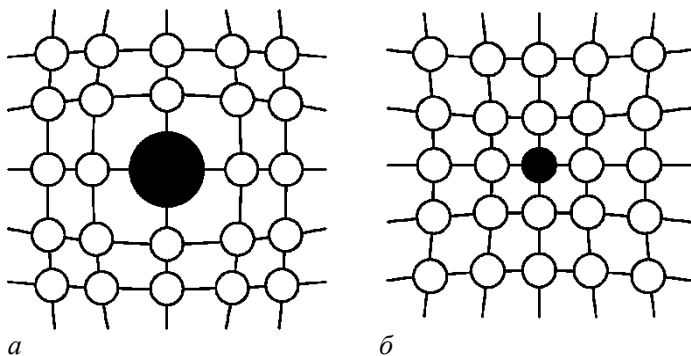
- Құрамдауыштардың кристалдық торлары бір типті болуы тиіс;
- Құрамдауыштар элементтердің кезеңдік жүйесінің бір немесе

аралас топтарына жатуы қажет;

- Құрамдауыштардың атомдық радиустарының түрлілігі үлкен емес: олардың айырмашылығы 8... 15% кезінде шектелмеген ерігіштікпен қатты ерітінділер, үлкен кезінде — құрамдауыштардың шектелген ерігіштікпен қатты ерітінділер құрылады.

Құрамдауыштардың атомдық радиустары біркелкі болмағандықтан, алмасудың қатты ерітінділері құрылған кезде кристалдық тордың бұрмалануы жүреді (2.18-сурет), бұл диффузиялық процестерінің өтуін баяулатады.

Енгізудің қатты ерітінділері ерітілген құрамдауыштың атомдық радиусы R ерітіндіден аз болған жағдайда құрылады: $r < 0,6R$. Осы жағдайда ғана ерітілген құрамдауыштың атомы кристалдық ұяшыққа енгізе отырып, ерітіндінің атомдары арасында орналасуы мүмкін. Осындай қатты ерітінділер металдар және бейметалдар — шағын атомдық радиустары бар (H, N, C, B) кезеңдік жүйенің I және II кезеңдерінің элементтері арасында туындайды.



2.18-сурет. Алмасудың қатты ерітіндісінде кристалдық тордың бұрмалануы:

a — ерігіш құрамдауыш атомының радиусы еріткіш атомының радиусынан үлкен; *б* — ерігіш құрамдауыш атомының радиусы еріткіш атомының радиусынан аз

Қатты ерітінділер қасиеттері бойынша еріткіш металға жақын. Олар, әдетте, иілімді, суық және ыстық күйінде өзгере береді.

Қатты ерітінділер грек әліпбиінің әріптерімен белгіленеді: *a*, *b*, *g* және т.б. немесе *A* (*B*), мұнда *A* — ерітінді, *B* — ерітілген құрамдауыш.

Химиялық қосылыстар элементтердің кезеңдік жүйесінде бір бірінен алыс орналасқан элементтерді құрайды. Осы типтің қоспалары үшін келесілер тән:

- Химиялық қосылыстың кристалдық торы оның құрамдауыштарын құрайтын кристалдық торлардан жақсырақ;
- Химиялық қосылыстардың қасиеттері құрамдауыштардың қасиеттерінен күрді ерекшеленеді;
- Химиялық қосылыстың кристалдық торындағы атомдар реттеліп орналасқан, мысалы NaCl атомдары (1.1-суретті қараңыз);
- Химиялық қосылыстың құрамын $A_n^x B_m^y$ стехиметриялық формуламен сипаттауға болады, мысалы, *m* және *n* — өзара қарапайым тұтас сандар;
- химиялық қосылыста балқудың тұрақты температурасы болады;
- химиялық қосылыс жоғары қаттылық пен нәзіктікке ие.

Химиялық қосылыс атомдық құрылыстан және кристалдық торлардан ерекшеленетін заттарды құрайды. Бұл ретте металл — бейметалл және металл — металл типінің қосылысы мүмкін.

Металл — бейметалл қосылысы байланыстың иондық типімен сипатталады. Осы химиялық қосылыстарының атаулары бейметалл элементтің түрімен анықталады: нитрид — металдың азотпен қосылысы; карбид — көміртеппен қосылысы; оксид — оттегімен қосылысы және т.б.

Металл — металл қосылыстары интерметаллид деп аталады

(мысалы, CuAl_2). Осы қосылыстар байланыстың металл типімен сипатталады. Осы қосылыстардың кристалдық торларының тораптарында электрондық газды ұстайтын оң зарядталған иондар орналасады.

Қоспалар қатты күйінде бір-біріне ерімейтін, сондай-ақ қосылысты құрып, химиялық өзара іс-қимылға қабілетті емес құрамдауыштарды құрайды. Қоспа типтегі қорытпаларда әр құрамдауыш өзінің кристалдық торын сақтайды. Қоспаның құрылымы әркелкі, ол бірнеше фазалардан тұрады. Қоспалардың механикалық қасиеттері құрамдауыштардың сандық қатынасына, сондай-ақ фазалардың өлшемдеріне және пішіндеріне байланысты.

2.6.2. Қорытпалар күйінің диаграммасы

Күйдің диаграммалары туралы жалпы мәліметтер. *Күй диаграммасы* құрамдауыштардың температурасы мен концентрациясына байланысты осы жүйе қорытпаларының фазалық күйінің графикалық суретін білдіреді. Ола жүйенің бос энергиясының ең аз мәніне сәйкес келетін теңгерілген күйі үшін жасалады.

Күй диаграммасы металтанудың теориясы мен тәжірибесінде маңызды рөлді ойнайды. Олардың көмегімен қорытпалардың фазалық және құрылымдық айналымдарын зерттеуге болады, диаграммалар талдауы қорытпалар қасиеттерінің өзгеруін болжауға және термиялық өңдеудің оңтайлы режимдерін тағайындауға мүмкіндік береді.

Фазалардың ережесі. Қорытпалардың күйі сыртқы жағдайларға (температураға, қысымға) байланысты және құрылған фазалардың санымен және олардың химиялық құрамымен сипатталады. Теңгерілген фазалардың санын өзгертпей, сыртқы жағдайдарды (температураны, қысымды) өзгерту мүмкіндігі *нұсқалылық* немесе жүйенің *еркіндік дәрежесінің саны* деп аталады. Фазалардың ережесі тепе-теңдікте тұрған еркіндік дәрежесінің, құрамдауыштар мен фазалардың сандары арасындағы өзара іс-қимылмен айкындалады:

$$C = K + 2 - \Phi,$$

Мұнда C — еркіндік дәрежесінің саны; K — құрамдауыштар саны; 2 — сыртқы фактордардың саны (температура, қысым); Φ — тепе-теңдікте тұрған фазалардың саны.

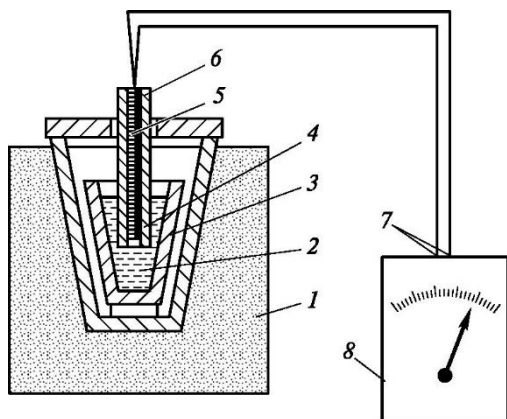
Металл қорытпаларында қысым фазалық күйге аз әсер етеді, сондықтан келтірілген теңдеу келесідей түрді түпкілікті қабылдайды:

$$C = K + 1 - \Phi.$$

Қорытпалар күйінің диаграммалары температура — құрамдауыш концентрациясы координаталарында құралады. Температура ординаталардың осі бойынша, ал құрамдауыштардың концентрациясы — абсцисса осі бойынша созбайланады. Бұл ретте сол жақтан оңға қарай В құрамдауышының саны, ал оң жақтан солға қарай — А құрамдауышының саны ұлғаяды. Осылайша, координаталардың басында А таза құрамдауыш болады (абсцисса нөлге тең — В құрамдауышын қамту = 0 %), 100% тең абсцисса мәні кезінде В таза құрамдауыш болады (2.19-сурет). Қорытпада құрамдауыштарды жалпы қамту 100 % тең, абсцисса осіндегі әр нүкте екі құрамдауыштың белгіленген құрамына сәйкес келеді. Мысалы, С нүктесі В құрамдауышының 40 % және А құрамдауышының 60 % қамтыған қорытпаны, ал D нүктесі — В құрамдауышының 60 %және А құрамдауышының 40 % қамтыған қорытпаны сипаттайды (2.19-суретті қараңыз).

Күй диаграммаларын құру үшін эксперименттік деректер қолданылады, олардың негізінде сол бір құрамдауыштардан тұратын, алайда әрқелкі химиялық құрамы бар қорытпалар қисық салқындату серияларын құрайды. Қисық салқындату көмегімен қорытпаның *сыни межелері* анықталады — бұл қорытпаларда фазалық айналымдар жүретін температуралар. Қорытпалардың қисық салқындатуында олар бүгу немесе салқындату қарқынының өзгеруі туралы куәландыратын алаңдар ретінде айқындалады, бұл кристалдандырудың жасырын жылуды бөлумен байланысты.

Қисық салқындатуды алу үшін термиялық талдау әдісі қолданылады. Белгілі құрамдағы қорытпаны немесе таза металды пешке орналастырылған отбақырда балқыту температурасына дейін қыздырады. Одан кейін пештің электр қуат беру көзі өшіріледі және металл пешпен бірге сууды бастайды. Қорытпаның салқындауы оның барлық температуралар барысында теңгерілген жағдайын қамтамасыз ету үшін баяу болуы тиіс. Тең аралық уақыт арқылы салқындату процесінде температура мәні тіркеледі, ол бойынша уақыт t — температура ткоординаталарында қисық салқындату жасалады. Температура сезгіш гальванометрмен қосылған термопараның көмегімен айқындалады, оның шкаласы градустарда градустандырылған (2.20-сурет).



2.20-сурет. Термиялық талдауға арналған кондыру схемасы:

1 — пеш; 2 — сұйық металл; 3 — отбакыр; 4 — термопараның ыстық дәнекері; 5 — термопара; 6 — қорғаныс қалпағы; 7 — термопараның суық дәнекері; 8 — гальванометр

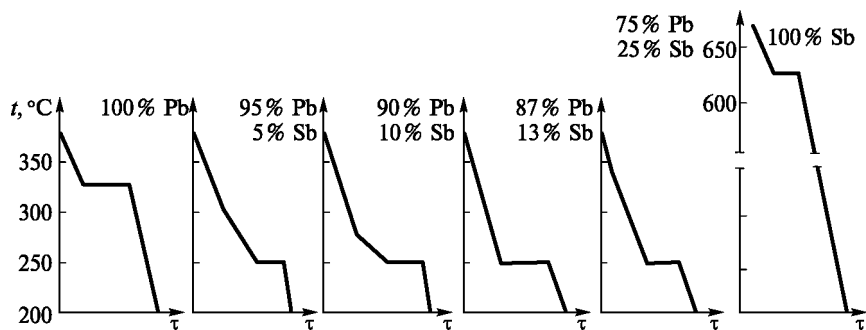
Құрамдауыштары қоспаларды, қатты ерітінділерді және химиялық қосылыстарды құрайтын қарапайым күй

диаграммаларын қарастырайық.

Қоспа типтегі қорытпалардың күй диаграммасы. Қорғасын — сүрме(Pb— Sb) үлгісінде осы диаграмманың құрылысын келтірейік. Құрамдауыштар мен қорытпалардың қисық салқындауы 2.21-суретте ұсынылған. Таза металдар мен қорытпалар үшін сыни межелері 2.1-кестеде келтірілген.

Қисық салқындатуды талдау негізінде (2.21-суретті және 2.1-кестені қараңыз) Pb жәнеSb (2.22, а-сурет) жүйесінің күй диаграммасын құрастырайық. ABC диаграммасының сызықтары, одан тек сұйық фаза (Ж) жоғары болатын *ликвидус сызығы* деп аталады. DBEдиаграммасының сызықтары, одан тек қатты фаза төмен болатын *солидус сызығы* деп аталады.

Қорғасын мен сүрменің таза металдары тұрақты температура барысында кристалдандырылады. Бұл фазалардың ережесіне сәйкес келеді. Шынында да, К құрамдауышының саны бірге тең (таза металл), кристалдандыру барысында Ф фазалар саны екі — сұйық және қатты, бұл ретте С еркіндік дәрежелері нөлге тең: $C = K - \Phi + 1 = 1 - 2 + 1 = 0$. Бұл кристалдандыру тұрақты температура барысында өтуі керектігін



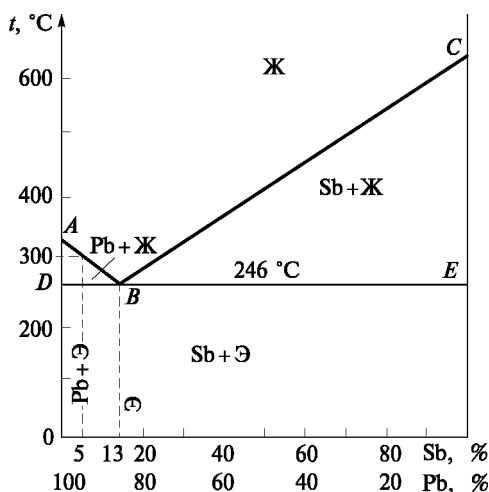
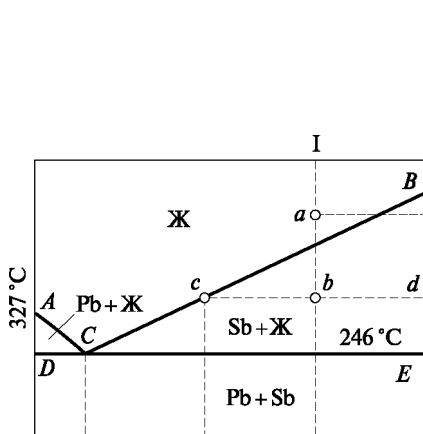
2.21-сурет. Pb —Sb жүйесі қорытпаларының қысық салқындауы

білдіреді.

Pb— Sb жүйесі қорытпаларының сыни межелері

Химиялық құрамы, мас. %		Кристалдандыру температурасы, °C (сыни межелері)	
Pb	Sb	Кристалдандыру- дың басталуы	Кристалдандыру- дың соңы
100	0	327	327
95	5	300	246
90	10	260	246
87	13	246	246
75	25	340	246
0	100	630	630

a



2.22-сурет. Pb— Sb жүйесінің күй диаграммасы:
a — құрылымдық; *b* — фазалық

Біреуі қоспағанда (87 % Pb, 13 % Sb), барлық қорытпаларды кристалдандыру температуралар интервалында өтеді. Бұл ретте $K = 2$ (Pb және Sb), $\Phi = 2$ (сұйық және қатты фазалар), яғни $C = 1$ — фазалық құрамды өзгертпей, температураның өзгеруі мүмкін.

Ерекше орынды жоғарыда аталған қорытпа (87 % Pb, 13 % Sb) алады, ол таза металдар сияқты тұрақты температура кезінде кристалданады, яғни $C = 0$. $K = 2$ кезінде $\Phi = 3$ болған жағдайда ғана мүмкін, онда $C = 2 - 3 + 1 = 0$. Бұл бір қорытпаны кристалдандыру барысында біруақтылы үш фаза болатынын (сұйық, қорғасын және сүрме) білдіреді, яғни сұйықтықтан қоспаны құра отырып, екі құрамдауыш біруақтылы бөлінеді.

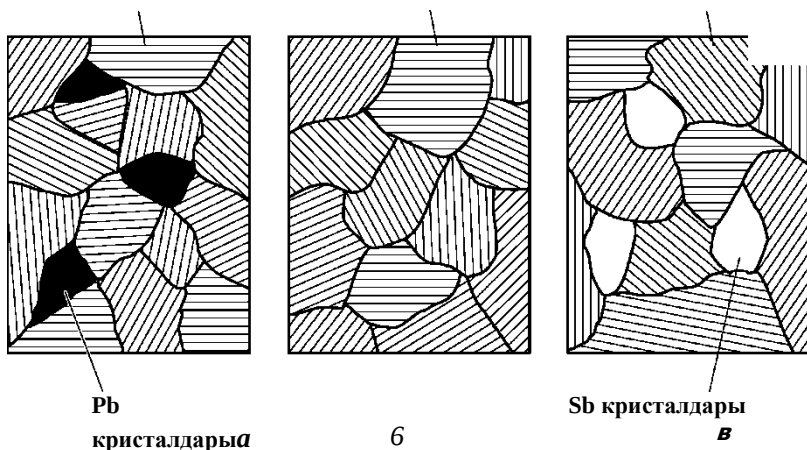
Жүйенің осы анағұрлым жеңіл балқитын қорытпасы *эвтектикалық* деп аталады. Осы қорытпаны кристалдандыру барысында алынған құрылым *эвтектика* (Э) деп аталады. Эвтектикалық қорытпаның кристалдандырылуын келесідей сипаттауға болады. $J \in [Pb + Sb]$. Нәтижесінде, эвтектика екі фазадан тұрады: қорғасын және сүрме.

Эвтектикалық қорытпаның сол жағында орналасқан қорытпалар *эвтектикаға дейінгі*, ал оң жағында орналасқан *эвтектикадан кейінгі* деп аталады. Осындай қорытпаларды бастапқы кристалдандыру *артық фазаны* бөлумен басталады. Артық деп эвтектика құрамының қорытпасына қарағанда қорытпаның құрамында көп болатын фаза деп аталады. Осылайша, эвтектикаға дейінгі қорытпаларда артық фаза қорғасын (олардың құрамында ол 87 % артық), ал эвтектикадан кейінгі қорытпаларда — сүрме (осы қорытпалардың оның құрамы 13 % асып түседі) болады.

Эвтектикаға дейінгі қорытпаларды бастапқы кристалдандыру қорғасынды бөлумен, ал эвтектикадан кейінгілерде — сүрмені бөлумен, яғни артық фазаны бөлумен басталады. Артық фазаны бөлу шамасына қарай сұйықтықтың құрамы өзгереді. Эвтектикаға дейінгі қорытпаларда оларда сұйықтықтан қорғасынды бөлу есебінен сүрменің көлемі, ал эвтектикадан кейінгілерде, керісінше, қорғасын көлемі ұлғаяды. Салқындату шамасына қарай сұйықтықтың құрамы, осылайша, эвтектикалыққа талпынады. 246 °C температура барысында барлық қорытпалардың түпкілікті қатаюы жүреді (2.1-кестені қараңыз). Бұл ретте кез келген қорытпаның сұйықтық құрамының температурасы эвтектикалыққа сәйкес келеді және қалған сұйықтық эвтектикалық тетік бойынша қатады.

Осылайша, Pb — Sb жүйесінде эвтектикаға дейінгі қорытпалардың құрылымы қорғасын кристалдарынан және эвтектикадан тұрады $Pb + \infty + Sb]$, ал эвтектикадан кейінгі қорытпаларда — сүрме кристалдарынан және эвтектикадан $Sb + \infty + Sb]$ тұрады (2.23-сурет), бұл күй диаграммасында да көрсетілген (2.22, а-суретті қараңыз). Қорытпалардың құрылымы көрсетілген диаграмма *құрылымдық* деп аталады. Құрылымдар сипатталмай, фазалар ғана көрсетілген диаграмма фазалық деп аталады (2.22, б-сурет).

Күй диаграммасы қорытпалардың күйіне талдау жүргізуге, атап



2.23-сурет. Pb— Sb жүйесінің ға дейінгі (а), эвтектикалық (б), эвтектикадан кейінгі (В) қорытпалардың құрылымы айтқанда олардың фазалық құрамын, массасын және әр фазаның химиялық құрамын (яғни олардың құрамындағы құрамдауыштарды) анықтауға мүмкіндік береді. Бұл диаграмманың бір фазалық және екі фазалық облыстарында әр түрлі орындалады.

Бір фазалық облыста фазаның массасы қорытпаның массасына тең, ал оның химиялық құрамы қорытпаның құрамына сәйкес келеді (2.22, б-суретті қараңыз). Осылайша, t_1 температура кезінде I қорытпа сұйық күйінде болады, яғни бір фазалық құрылымы бар. Сұйықтықтың да, қорытпаның да құрамына концентрациялар осінде а меже проекциясымен Осындай әдісті екі фазалық облыста қорытпалардың күйін талдау барысында қолдануға болмайды. Бұл температура өзгерген кезде фазалардың химиялық құрамы және олардың массасы тұрақты болып қалмауымен байланыты. Осылайша, мысалы, температураны төмендету кезінде Pb — Sb жүйесінің эвтектикаға дейінгі қорытпаларды кристалдандыру процесінде ликвидус сызығынан солидус сызығына дейін сұйықтықтың химиялық құрамы өзгереді: онда сұйықтықтан қорғасынды бөлу есебінен сүрменің көлемі ұлғаяды, бұл ретте сұйықтықтың массасы азаяды, ал қатты фаза ұлғаяды (фазалардың жиынтық массасы тұрақты, қорытпа массасына тең болып қалады). айқындалады (72 % Sb және 28 % Pb).

Қорытпалардың күйін талдау келесідей орындалады (2.22, б-суретті қараңыз). Диаграммада қорытпаның орнын сипаттайтын bn нүктесі арқылы белгіленген нүктесі бар екі фазалық облысты шектейтін диаграмма сызықтарымен қиялысына дейін горизонталь — *конод* өткізіледі.

c нүктесі — бар сұйық фазаның бір фазалық облыстың шекарасымен конодтың қиылысуы; d нүктесі — бар қатты фазаның шекарасымен конодтың қиылысуы. Қорытпаның фазалық құрамы осы температура кезінде (b нүктесі) конода қиылысатын бір фазалық облыстардың фазаларымен айқындалады. Осы жағдайда қорытпаның фазалық құрамы — бұл сұйықтық (c нүктесі) және сүрме (d нүктесі).

Фазалардың химиялық құрамы конодтың қиылысу және концентрациялар осінде күй диаграммасы сызықтарының меже проекцияларына сәйкес келеді. Әр проекция қиылысу нүктесі шекаралас фазаның құрамына көрсетеді. Осылайша, c нүктесінің проекциясы сұйық фазада құрамдауыштардың концентрациясын (44 % Sb және 56 % Pb), d нүктесінің проекциялары — қатты фазада құрамдауыштардың концентрациясын (бұл таза құрамдауыш Sb) анықтайды. Осылайша, ликвидус сызығы қанығу жолы болып табылады — ол осы температура барысында сұйықтықта құрамдауыштардың шекті ерігіштігін көрсетеді.

Фазалардың массасын анықтау үшін тұтқыш ережесі қолданылады. Кез келген нүктеде, яғни кез келген температурада қорытпаның жалпы массасы конодтың ұзындығына — cd кесіндісіне сәйкес келеді. Сәйкес келетін фазалардың саны қарсы орналасқан кесіндімен: сұйықтық массасы — bd кесіндісімен, ал қатты фаза — cb кесіндісімен айқындалады.

Қоспа типтегі қорытпалар үшін қалыңдығы бойынша ликвация тән. Ликвация — бұл химиялық құрамның қорытпаның көлемі бойынша әркелкі орналасуы. Кристалдандыру процесінде сұйықтықтың қалыңдығынан өзгеше қалыңдылықпен кристалдар сұйықтықтан бөлінеді. Бұл кристалдар, егер олардың қалыңдығы сұйықтықтың қалыңдығынан аз болса, қалқып шығуына немесе егер олардың қалыңдығы сұйықтықтың қалыңдығынан асып түссе, басылуына әкеледі. Құймалар нәтижесінде құрамы және қасиеттері бойынша әркелкі болады. Осының алдын алу үшін кристалдандыру процесінде қорытпалар интенсивді орын ауыстырады.

Қатты ерітінді типтегі қорытпалардың күй диаграммасы. Құрамдауыштардың шектелмеген өзара ерігіштігі кезінде олар a қатты ерітіндіні құрайды.

Осындай типтегі қорытпалардың күй диаграммасында 2.24-суретте көрсетілген-дей түрі болады. Құрамдауыштарды кристалдандыру (таза металдар) тұрақты температура кезінде жүреді (жоғарыда көрсетілгендей $C = 0$). Кристалдандыру процесінде қорытпалар еркіндіктің бір дәрежесіне ие болады (температураны фазалық құрамды өзгертпей ауыстыруға болады). Шынында да, құрылым екі фазадан тұрады:



2.24-сурет.

Құрамдауыштардың шектелмеген ерігіштігімен қатты ерітіндінің күй диаграммасы

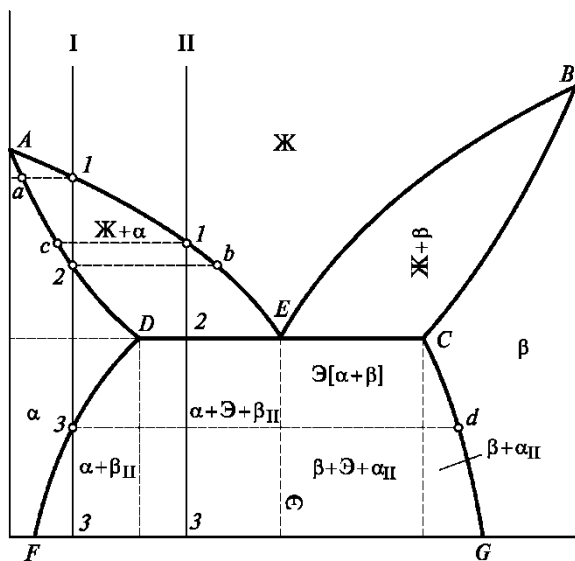
сұйықтық (Ж) және қатты ерітінді (а). Осылайша, $\Phi = 2$ (Ж және а), $K = 2$ (А және В құрамдауыштары) және

Фазалар ережесіне сәйкес $C = 2 - 2 + 1 = 1$. Бұл кристалдандыру температуралар интервалында, атап айтқанда ликвидус (үстіңгі қисық) және солидус (астыңғы қисық) сызықтары арасында жүретінін білдереді.

Кристалдандыру процесінде құрамы абцисса осінде b_1 , b_2 нүктелер проекцияларына сәйкес келетін а қатты ерітіндінің кристалдары сұйықтықтан бөлінеді. Бұл қатты ерітіндінің құрамы солидус сызығы, сұйықтық құрамы — ликвидус сызығы бойынша өзгереді.

Осы типтің қорытпалары үшін бір дән шегінде туындайтын *ішкі кристаллит (ішкі дәндік) ликвация* тән. Бірінші сатыда құрылған кристалдандыру орталықтары В баяу балқитын құрамдауыштың басым бөлігін қамтиды. Температураның төмендеуі барысында бөлінген орталыққа қосылатын келесідей қабаттардың құрамына осы құрамдауыштың саны азаяды (мысалы, b_1 нүкте проекциясынан b_2 нүкте проекциясына қарай). Ішкі дәндік ликвация диффузиялық процестер есебінен төмендейді, ол қатқаннан кейін жоғары температуралар кезінде қорытпаның ұзақ ұстау уақытында жүреді.

Құрамдауыштардың *шектелген* ерігіштігі металл қоспаларында шектелмегендерге қарағанда әлдеқайда жиі кездеседі. Құрамдауыштардың шектелген ерігіштігімен қорытпалардың күй



2.25-сурет. Құрамдауыштардың шектелген ерігіштігімен қатты ерітіндінің күй диаграммасы

диаграммасындағы (2.25-сурет) AEB сызығы — ликвидус сызығы, $ADCB$ сызығы — солидус сызығы. Осы жүйеде қатты ерітінділерін ұсынатын фазаларды құрайды:

а (В в А) және b (А в В). Шекті ерігіштік қатты күйінде сызықтармен айқындалады: DF (В в А) және CG (А в В). F нүктесінен сол жағына қарай және G нүктесінен оң жағына қарай диаграммада тұрған қорытпаларды кристалдандыру процестері құрамдауыштары шектелмеген ерігіштігімен қатты ерітінділерді құрайтын қорытпаларда сияқты. Осы қорытпалар бір фазалық құрылымға ие.

F нүктесінен D нүктесінің проекциясына дейін және G нүктесінен C нүктесінің проекциясына дейін интервалындағы диаграммада орналасқан қорытпаларды кристалдандыру алдындағы қарастырылғаннан ерекшеленеді. Аталған облыстарға жататын қорытпалардың ішінен біреуінің кристалдандыру процесін қарастырайық (I қорытпа). Нүктеден жоғары I қорытпа сұйық күйінде болады. I нүктесінде а-қатты ерітіндінің кристалдардың сұйықтығынан бөлінуімен қорытпаның кристалдануы басталады. 1 нүктесінен 2 нүктесіне дейін температураның төмендеу шамасына қарай құрамдауыштардың концентрациясы сұйық фазасында 1 — b сызығы бойынша, ал а-қатты ерітіндіде — a — 2 сызығы бойынша өзгереді; бұл ретте сұйық фазаның саны азаяды, ал қаттыда өседі. 2 нүктеде қорытпаның кристалдануы аяқталады, қорытпаның құрылымы осы нүктеден төмен а-қатты ерітіндінің дөңдерінен ғана тұрады, құрамдауыштардың концентрациясы қорытпаларда сияқты (яғни қорытпаның және а-қатты ерітіндінің химиялық құрамдары сәйкес келеді). 3 нүктесіне дейін айналымдар жүрмейді, қатты күйінде тұрған қорытпаның салқындау жалғасады. 3 нүктесінен төмен а-қатты ерітіндіден қорытпаның салқындату шамасына қарай ірілінетін b -қатты ерітіндінің кристалдары бөліне бастайды. b -фазасының бөліну процесі а-қатты ерітіндіде B құрамдауышының ерігіштік температурасының (концентрация) төмендеуі кезінде төмендеуімен түсіндіріледі, бұл DF сызығын көрсетеді. Ол 3 нүктесіне сәйкес келетін температурада шамамен 17 % құрайды — бұл осы температура (конода d — 3) және түпкілікті салқындаған кезде (конода G — F , концентрациялар осіне сәйкес келеді) шекті ерігіштік. B құрамдауышының артықшылығы b -фаза түрінде бөлінеді. Түпкілікті салқындатқаннан кейін осындай қорытпалардың құрылымы екі фазадан тұрады: $a + p_n$ -а-қатты ерітіндіден бөлінетін b -қатты ерітіндінің кристалдары *екінші* деп аталады және *бастапқы* деп аталатын сұйықтықтан бөлінетін кристалдардан ерекшеленіп, b_{ii} болып белгіленеді. Ұқсас процестер G нүктесінен E нүктесінің проекциясына дейінгі интервалында күй диаграммасында орналасқан қорытпаларды кристалдандыру барысында жүретін болады, алайда мұнда екінші а-фазасының кристалдары — a_{II} , ал осы қорытпалардың құрылымы — $b + a_{II}$ болады.

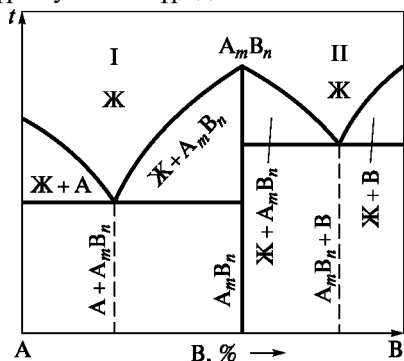
DE интервалында (мысалы, II қорытпа) күй диаграммасында орналасқан қорытпаларды кристалдандыру қарастырылған қорғасын — сүрме жүйесіне ұқсас эвтектиканың құрылуымен жүреді.

Ерекшелік осы жүйеде эвтектика таза емес құрамдауыштардан а және р қатты ерітінділер қоспасынан тұруымен негізделеді. DE сызығында эвтектикалық айналым жүреді: $Ж \wedge Э [a + p]$.

Құрамында А 45 % және В 55 % бар қорытпа (оның салқындату сызығы Е нүктесі арқылы өтеді) эвтектикалық болып табылады, оның құрылымы — эвтектика $Э[a + p]$.

Қорытпалардың эвтектикаға дейінгі құрылым — $a + Э + p$, эвтектикадан кейінгі — $p + Э + a_{II}$.

Химиялық қосылыспен қорытпалардың күй диаграммасы. Химиялық қосылыспен күй диаграммасы екі бөлікке бөлуге болады (2.26-сурет). Диаграмманың бір бөлігінде А құрамдауышпен және $A_m B_n$ химиялық қосылыспен, ал екіншісінде — $A_m B_n$ химиялық қосылыспен және В құрамдауышпен құрылған қорытпалар болады. Осы жағдайда химиялық қосылыс құрамдауыштардың біреуі рөлінде болады. Осы диаграммасының әр бөлігі құрамдауыштары қоспаның қатты күйінде құрылған қорытпалардың жекелеген күй диаграммасын ұсынады. Осы қорытпалардағы айналымдар жоғарыда қарастырылған. Тәжірибеде құрамдауыш — химиялық қосылыс ($A — A^{\wedge}$ шегінде күй диаграммасының бөліктері ғана қарастыру мүмкін. Осындай түрінде кеңінен қолданылатын күй диаграммасы темір — көміртегі зерделеді, атап айтқанда $Fe — Fe_3C$ шегінде, мұнда Fe_3C — химиялық қосылыс, темір карбиді.



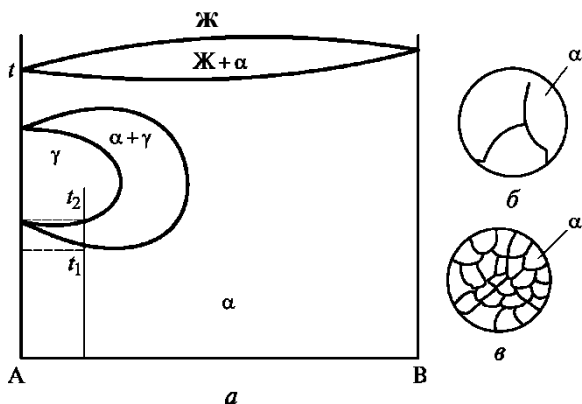
2.26-сурет. Химиялық қосылыспен күй диаграммасы

2.7. Металл қорытпаларын беріктендіру әдістері

Беріктендіру әдістері дислокациялар алмастыруға кедергілерді құрумен байланысты. Осыған белгіленген түрдің қорытпаларын термиялық өңдеу есебінен қол жеткізуге болады: қайта кристалдандыру; дисперсиялық катаю, мартенсит айналым, әсіресе болат үшін тән (5.1.2 және 5.2-кіші бөлімдерін қараңыз); пластикалық өзгеру (тойтару).

Қайта кристалдандыру — бұл полиморфты айналым кезінде өтетін кристалдық тор типінің өзгеруі. Беріктендіруге кристалдық тор типінің өзгеруі процесінде, яғни жаңа фазаның құрылуы барысында дәннің ұсақталуы есебінен қол жеткізіледі. Осылайша, қорытпада бастапқы

күйінде ірі дәнді құрылысы болады. Оны t_1 температураға дейін қыздыру кезінде (2.27-сурет) айналым басталады ($a \rightarrow y$).

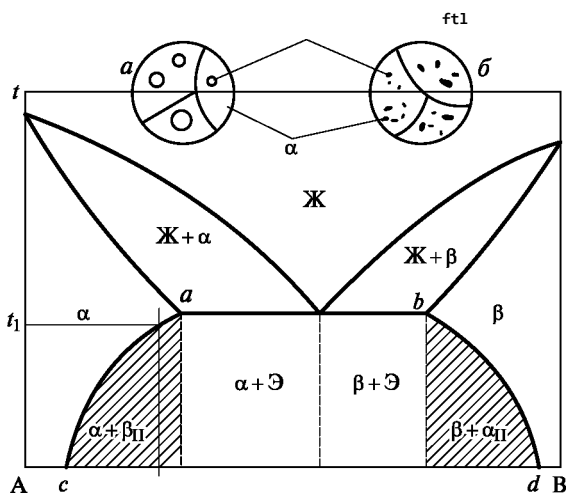


2.27-сурет. Қайта кристалдандыру есебінен қорытпаларды беріктендіру схемасы:

a — күй диаграммасы; $б$ — бастапқы күйіндегі құрылым; $в$ — беріктендіруден кейінгі құрылым

Қайтадан құрылған g -фаза бастапқы a -фазасының шекаралары бойынша туындайды және дәннің аз шамасына ие. t_2 температураға дейін қыздыру кезінде айналым аяқталады, бұл ретте қорытпаның құрылымы ұсақ дәнді g -фазасымен ғана ұсынылған. Салқындату кезінде кері ($y \rightarrow a$)-айналым және дәннің екінші рет ұсақталуы жүреді.

Дисперсиялық қатаю — бұл екіншіші дисперсиялық (өте ұсақ) фазаның ұсақталған бөлшектерінің үлкен санының аса қаныққан қатты ерітіндіден бөлу есебінен қорытпаны беріктендіру. Беріктендіру осы бөлшектер дислокациялардың орын алмасуына кедергі жасау есебінен өседі. Дисперсиялық қатаю шектелген ерігіштігімен қатты ерітінді типтегі қорытпалар үшін ғана мүмкін (2.28-сурет). Бастапқы күйінде екінші фазаның бөлшектері ірі. Беріктендіруге бір фазалық құрылымды алғанға дейін қыздырумен қол жеткізіледі (t_1 температура), бұл ретте екінші фазаның бөлшектері қатты ерітіндіде ериді. Құрылған бір фазалық құрылым одан әрі салқындатумен, яғни шындаумен тіркеледі. Екінші фазаның бөлінуі тез салқындатумен басылады, сондықтан бөлмелік температура кезінде аса қаныққан қатты ерітіндінің құрылымы алынады. Екінші фазаның бөлінуі тозу, яғни оның өсуін емес, екінші фазаның бөлінуін туындататын t_1 төмен температураға дейін қыздыру кезінде жүреді. Нәтижесінде қатты ерітіндінің дәндерімен және екінші фазаның ұсақ бөлшектерімен құрылым алынады. Осылайша, алюминий қорытпалары, тез кескіш болат және басқалары беріктендіріледі.



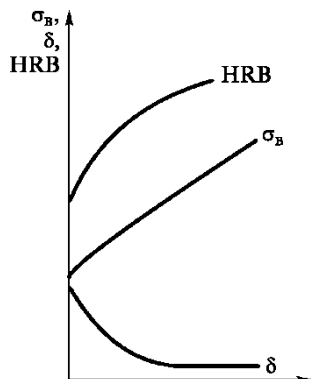
2.28-сурет. Дисперсиялық қатаю кезінде қорытпаны беріктендіру схемасы:

a — бастапқы күйіндегі құрылым; b — беріктендіруден кейінгі құрылым

Тойтару және қайта кристалдандыру. Тойтару — пластикалық өзгерумен туындатылған металл материалының құрылымы мен қасиеттерінің өзгеруі. Тойтару нәтижесінде металдың беріктік шегі артады, ал оның иілгіштігі төмендейді (2.29-сурет).

Пластикалық өзгеруі нәтижесінде кристалдық тордың бұрмалануы жүреді, металдың дәні өзгереді және белгілі бағдарға ие болады. Өзгергенге дейін дәнде тең осьтік пішімге ие, ал дән өзгергеннен кейін басында әрекеттегі күш бағытында созылады, ал одан кейін бөлшектенеді, яғни ұсақталады (2.30-сурет), бұл беріктіктің артуына әкеледі.

Деформацияланған металл әрқелкі күйінде болады. Осындай металл бөлмелік температурада оның анағұрлым тұрақты күйіне әкелетін процестер өздігінен өтеді. Егер деформацияланған металл қыздырулы болса, онда осы процестердің жылдамдығы өседі.



2.29-сурет. Пластикалық өзгерістердің металдың механикалық қасиеттеріне әсер етуі:

σ_B — беріктік шегі; δ — салыстырмалы ұзару; HRB — беріктік; f — пластикалық өзгеру дәрежесі



2.30-сурет. Металдың пластикалық өзгеруі кезінде құрылымның өзгерістері:

а — өзгергенге дейін металдың құрылымы; *б* — өзгерудің бірінші операциясынан кейінгі металдың құрылымы; *в* — түпкілікті өзгеруден кейінгі металдың құрылымы

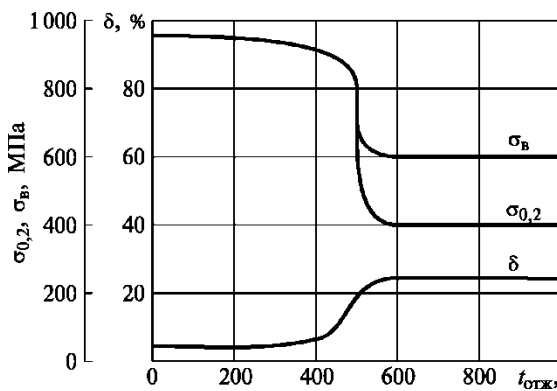
Кішігірім қыздыру (темір үшін 300... 400 °С дейін) кристалдық тордың бұрмалануын алып тастауға әкеледі, алайда микроқұрылым өзгерістерсіз қалады — дәндер баяғыдай созылған пішінін сақтап қалады. Беріктік біршама төмендейді, ал иілгіштік артады. Осындай өңдеу *қайтару* немесе *демалыс* деп аталады.

Температураны одан әрі көтерген сайын атомдардың қозғалысы өседі және созылған дәндер арасында интенсивтік туу және тең осьтік дәндердің өсуі жүреді. Нәтижесінде металл тойтаруға дейін болған құрылымға және қасиеттерге оралады(2.31-сурет). Бұл құбылыс *қайта кристалдандыру* деп аталады.

Қайта кристалдандыруды бастау температурасы металдың жаратылысына — оны балқыту температурасына, сондай-ақ осы метал немесе қорытпа таза болуына байланысты:

$$T = aT_{\text{пл}}^{J_p}$$

мұнда T_p және $T_{\text{пл}}$ — қайта кристалдандыру мен балқытудың салыстырмалы температурасы, К; a — металл тазалығына байланысты коэффициент және балқыту типі,



2.31-сурет. Қыздырудың тойтарылған металдың механикалық қасиеттеріне әсер етуі

σ_B — беріктік шегі; 5 — салыстырмалы ұзару; σ_{0,2} — үлгінің бастапқы ұзындығынан қалдық өзгеру 0,2% тең болған кездегі кернеу

техникалық таза металдар мен қорытпалар үшін ол 0,3... 0,4 құрайды, қатты ерітінді типтегі қорытпалар үшін — 0,5... 0,6, ал кейбір жағдайларда 0,8 қол жеткізіледі.

Қайта кристалдандыру температурасы металдарды қысыммен өңдеу процестерінде маңызды рөлді ойнайды. Қайта кристалдандыру температурасынан төмен жүргізілетін өңдеу тойтаруды тудырады және қысыммен *суықтай* өңдеу деп аталады. Егер өңдеу қайта кристалдандыру температурасынан асып түсетін температуралар кезінде орындалса, тойтару туындамайтын кезде онда ол қысыммен *ыстықтай* өңдеу.

Қайта кристалдандыру температурасы балқыту температурасына байланысты болғандықтан, онда өңдеуді ыстыққа және суыққа бөлетін шекаралас температуралар түрлі металдар үшін қатты ерекшеленеді. Осылайша, қорғасынның бөлмелік температура кезінде пластикалық өзгеруі ыстықтай өңдеу болып табылады және тойтарумен тудырылмайды. Шынында да, қорғасынды балқыту температурасы 327 °C немесе 600 K құрайды. $a = 0,4$ (таза металл) үшін қайта T_p кристалдандыру температурасын анықтайық: $T_p = 600 \cdot 0,4 = 240 \text{ K} = -33 \text{ } ^\circ\text{C}$. Осылайша, қорғасынды оны теріс температураларда орындасақ, пластикалық өзгерту есебінен беріктендіруге болады.

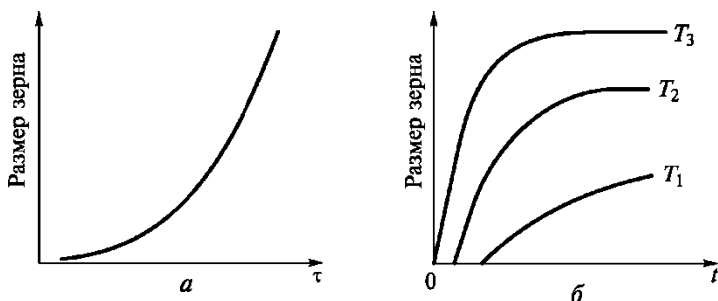
Тәжірибеде тойтаруды алып тастау үшін металл қайта кристалдандыру процесін тездету үшін аса жоғары температураға дейін қыздырылады. Осы операция *қайта кристалдандыратын қыздыру* деп аталады. Ол дайындамаларды (мысалы, металлургия өндірісіндегі сымдар, ленталар) және бұйымдарды суықтай пластикалық өзгерту әдістерімен өндіру барысында қажет. Осылайша, дайындаманы белгілі диаметрге дейін жұқартқаннан кейін оның иілгіштігі одан әрі суықтай өңдеу мүмкін болмайтындай төмендейді, себебі металл бұзылады.

Одан әрі жұқартуды жүргізу үшін бастапқы иілгіштікті қалпына келтіру мақсатында қайта кристалдандыратын қыздыру орындалады (2.31-суретті қараңыз).

2.32-сурет. Қыздыру ұзақтығының (а) және температураның (б) қайта кристалдандырылған дәннің шамасына әсер етуі:

$7 < T_2 < T_3$ Бұл ретте, металдың құрылымы ірі дәнді болмауы тиіс, себебі беріктікпен қатар жоғары иілгіштік ұсақ дәнді қорытпаларға тән.

Қайта кристалдандыру диффузиялық процесс болып табылады,



сондықтан қайта кристалдандырылған дәннің шамасына қыздыру температурасы (2.32, а-сурет) және оның ұзақтығы (2.32, б-сурет) әсер етеді. Оңтайлы температуралардан жоғары қыздыру және ұстау уақытын ұлғайту диффузиялық процестерді тездетеді. Бұл дәндердің интенсивді өсуіне және металдың ірі дәнді құрылымы нәтижесінде алуына әсер етеді.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Металдардың негізгі қасиеттерін атаңыз. Металдардың электрондық құрылысы негізінде олардың жаратылысын түсіндіріңіз.
2. Металдардың құрылысы қандай? Кристалдық заттардың аморфты заттардан ерекшелігі?
3. Кристалдық торға және кристалдық ұяшыққа анықтама беріңіз. Сізге мәлім кристалдық торлардың типтерін атаңыз.
4. Полиморфизм (полиморфты айналым) дегеніміз не?
5. Анизотропия дегеніміз не? Кристалдардың анизотропиясы немен түсіндіріледі?
6. Қайта салқындату дәрежесі деген не? Ол металдарды кристалдандыру кезінде салқындату жылдамдығына қалай байланысты болады?
7. Қайта салқындату дәрежесінің құю металының құрылымына әсер түсіндіріңіз.
8. Түрлену дегеніміз не? Оның мақсаты қандай?
9. Мүлтіксіз және нақты металдар құрылысының ерекшелігі неде?
10. Металдардың нақты құрылысы үшін қандай ақаулықтар тән? Олардың қасиеттерге әсерін көрсетіңіз.
11. Келесі ұғымдарға анықтама беріңіз: құрамдауыш, фаза,

құрылым.

12. Қорытпалардың типтерін және олардың құрылу шарттарын атаңыз.

13. Күй диаграммалары қорытпалар туралы қандай ақпарат береді?

14. Конод деген не, оның көмегімен қандай міндеттер орындалады?

15. Сіз қорытпаларды беріктендірудің қандай әдістерін білесіз? Оларды сипаттаңыз.

16. Қайта кристалдандыру деген не? Қайта кристалдандыру барысында қорытпалардың құрылымы мен қасиеттері қалай өзгереді?

17. Дисперсиялық катаю деген не? Дисперсиялық катаю нәтижесінде қорытпалардың құрылымы мен қасиеттері қалай өзгереді?

18. Тойтару деген не? Тойтару барысында металдардың құрылымы мен қасиеттері қалай өзгереді?

19. Қайта кристалдандыру деген не? Қайта кристалдандыру температурасы қалай анықталады?

20. Қандай пластикалық өзгеріс суық (ыстық) деп аталады? Қандай өзгеріс беріктендірумен сүйемелденеді?

МЕТАЛДАР МЕН ҚОРЫТПАЛАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРДЕЛЕУ ӘДІСТЕРІ

3.1. Металдың құрылымын зерделеу әдістері

Макроскопиялық талдау (макроанализ) металдың құрылысын құралсыз көзбен немесе кішігірім ұлғайған кезде (30 ретке дейін) зерделеуінде негізделеді. Бұл аса ұлғаю кезінде орындалатын микроталдауға қарағанда бұйымның үлкен бетін біруақтылы қарауға мүмкіндік береді. Макроталдау құрылыстың барлық ерекшеліктерін айқындау мүмкіндік бермейді. Оны нәзік әдістердің көмегімен егжей-тегжейлі зерделеуді қажет ететін бұйымдардың учаскелерін таңдау мақсатында алдын ала жиі қолданады.

Макроталдаудың анағұрлым типтік міндеттері: сынықтардың түрлерін зерделеу (сынықтың тұтқырлық, нәзік және басқа түрлері болады); метал тұтастығының бұзылуы (жарықтардың, пісіру ақаулықтарының, кеуктілердің болуы және басқалары); құйманың құрылысы; бұйымның жасалу технологиясы туралы жорамалдауға мүмкіндік беретін металдың талшықты құрылымы (пісіру, қалыпталған, кесіп өңдеумен алынған); ликвация, яғни металдың химиялық әркелкі болуы.

Макрошлиф деп аталатын арнайы дайындалған объектіде орындалатын фототаңба әдісімен болатта күкірттің ликвациясын анықталуында толығырақ тоқталайық. Макрошлифтің беті ұсақ егеу қағазбен өңделеді және спиртке сіңірілген макта тампонымен тазартылады. Бетке күкірт қышқылының 5% ерітіндісімен сіңірілен жарық ететін фотоқағазбен қысылады және 3... 15 минут ұстайды.

Болаттағы күкірт сульфидтер түрінде болады — FeS немесе MnS , олар күкірт қышқылымен әрекет етеді: $\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S}$.

Сульфидтер орналасқан орындарда тікелей бөлінетін күкірт сутегі фотоқағаздың бромды күміспен әрекет етеді: $\text{H}_2\text{S} + 2\text{AgBr} \rightarrow 2\text{HBr} + \text{Ag}_2\text{S}$.

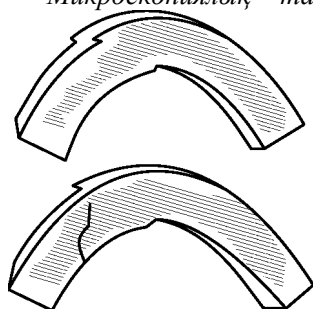
Күкіртті күмісте (Ag_2S) күңгірт түс болады, сондықтан фотоқағазда сульфидтердің іздері болып табылатын күңгірт учаскелері пайда болады.

Бұл талдау бірқатар тұжырымдар жасауға мүмкіндік береді. Осылайша, пісіру қосылыстарының макрошлифі бойынша (3.1-сурет) келесідей қорытынды жасауға болады: бұйым пісірілгеніне көз жеткізу; пісірілген учаске құрамында күкірті аз болаттан жасалғанын

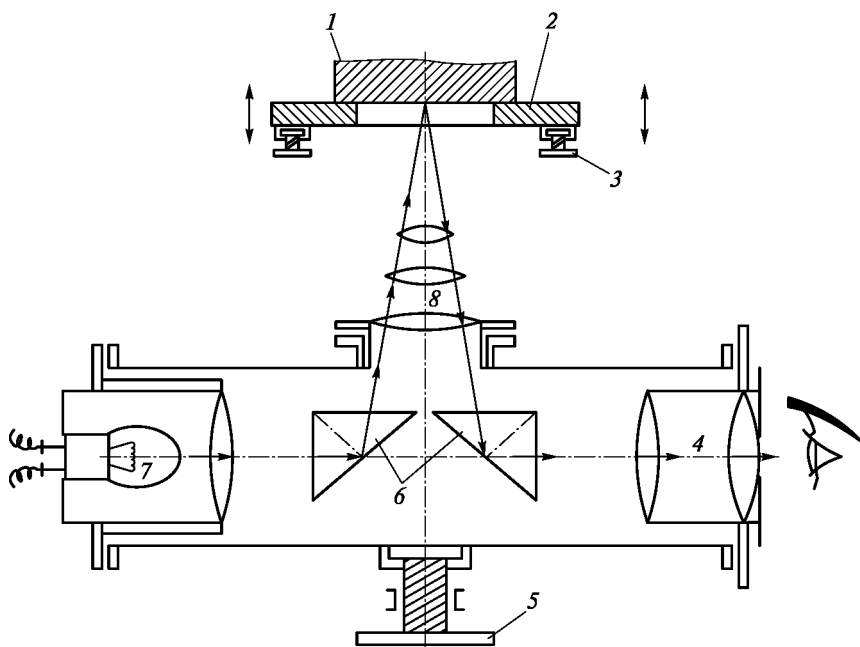
белгілеу — ол ақшыл; талшықтардың орналасуы бойынша (сульфидтерді жұқарту кезінде созылған) бұйым платискалық өзгеріспен — иілу әдісімен алынғанын айқындау; бұдан басқа, жарықты айқындау.

Микроскопиялық талдау (микроталдау) схемасы 3.2-суретте көрсетілген металлографиялық микроскопта (металломикроскоп) аса ұлғаю кезінде орындалады.

Металдар мөлдір емес, сондықтан құрылымын зерделеу шағылысқан жарықта жүргізіледі. Зерттеулер арнайы объектіде — микрошлифте орындалады. Микрошлифтің зерттелетін беті беттің ең аз кедір-бұдырлығына ие болуы тиіс — дұрыс бейнені алу үшін айнадай болуы керек

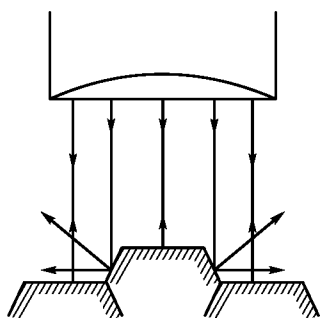


3.1-сурет. Пісіру қосылыстарының макрошлифі



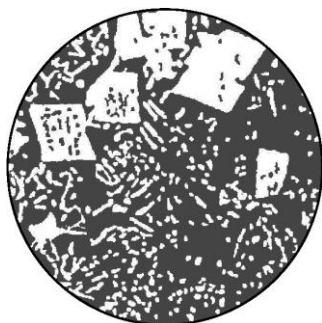
3.2-сурет. Металлографиялық микроскоптың схемасы:

1 — микрошлиф; 2 — предметный столик; 3 — микрометрлік бұрама (мензеп көздеу); 4 — көздік; 5 — микрометрлік бұрама (жіңішкелеп көздеу); 6 — шағылдырғыш линза; 7 — жарық көзі; 8 — объектив



3.3-сурет. Микрошлифтен сәулелерді көрсету схемасы:

і — түсетін күн сәулесі; t — дәннің денесінен көрсетілген күн сәулесі;
 -* ---- ► — дәндер шекараларынан көрсетілген күн сәулелері



3.4-сурет. Pb — Sb жүйесінің эвтектикадан кейінгі қорытпаның микроқұрылымы (ақшыл дәндер — сүрме кристалдары; күңгірт аясы — эвтектика)

Микрошлифті дайындау үшін зерттеулер объектісінде тегіс бетті өңдеу қажет. Оны шағын өлшемдегі бұйымдарда тікелей дайындайды, ал үлкен бұйымдардан арнайы үлгіні кесіп алады. Айнадай бетке анағұрлым күрделіден анағұрлым нәзікке өтетін бірнеше нөмірлердің абразивтік қабығын өңдеу және одан әрі абразивтік немесе алмаз пасталарымен тегістеу жолымен жетеді.

Құрылымды айқындау үшін шлифті қышқылдардың немесе сілтілердің ерітінділерімен өңдеу қолданылады. Бұл ретте болаттың дәні анықталады. Бұл дән шлифінің бетінде түрлі кристаллографиялық бағыттарда шығады және анизотропия салдарынан (2-бөлімді қараңыз) түрлі деңгейде өңделеді (3.3-сурет) және жарықты әр түрлі көрсетеді. Осылайша, қорытпаның түрлі фазаларын анықтауға болады, себебі олардың қасиеттері әркелкі және өңдеу түрлі деңгейде жүреді (3.4-сурет).

Микроскоптың көру шегінде анағұрлым күңгірт дәндердің шекаралары көрінеді, себебі олар ақаулықтардың жиналуына байланысты анағұрлым қатты өңделеді, сондықтан бейне шекаралардан шашырайды, микроскоптың көздігіне және бақылаушының көздеріне түспейді.

Оптикалық микроскоптар 1500 есе ұлғаяды және 2 мкм және одан да көп болатын құрылымдық құрамдас өлшемдерді зерделеуге болады, бұл жарық толқынының ұзындығымен байланысты. Микроскоптың ұлғаюы объективті және көздікті ұлғаюдың өндірісіне тең (оларда ойып жасалған). Ұлғаю келесідей белгіленеді: 200^x .

Анағұрлым ұлғаю электрондық микроскоптарға тән — 100 мың есе жоғары, оларды пайдалану кезінде 10^{-7} см өлшемдермен объектілердің

рұқсаты қажет болуы мүмкін (мысалы, құрылымдық құрамдас).

3.2. Материалдардың механикалық қасиеттері және оларды анықтау әдістері

Жалпы мәліметтер. Материалдардың механикалық қасиеттері арнайы үлгілерде анықталады. Жүктемені қосу шарттарына байланысты статистикалық және динамикалық сынаулар болып бөлінеді. *Статистикалық сынауларда* жүктеме ақырып қосылады және бірсарынды өседі. *Динамикалық сынауларда* оның қосылуы жоғары жылдамдықпен жүреді.

Сынаулар қалыпты (бөлмелік) немесе жоғарылатылған температура кезінде орындалады.

Материалдардың анағұрлым жиі анықталатын механикалық сипаттамалар болып табылады: қаттылық, беріктік және серпімділік шектері, екіпінді жабысқақтық. Сонымен қатар, төзімділік және сырғыштық шектері анықталады. Беріктік шегі созу, қысу, бұру және бүктеу сынаулары процесінде орнатылады.

Беріктік шегін, сырғыштық шегін, салыстырмалы ұзарту және қысуды үзуші машиналарда орындалатын арнайы үлгілерді созуға сынаулар кезінде анықтайды (3.5-сурет). Үлгілерді үзуші машиналардың қысқышына орналастырылады, одан кейін бұзылғанға дейін созады.

Жүктемені қосу процесінде үлгіде F үлгісінің ауданына o кернеуі, МПа, P қосылған күшінің тең қатынасы туындайды:

$$\sigma = P/F.$$

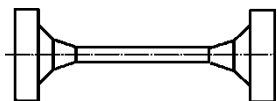
Қосылған жүктеменің әрекетімен *деформация* — үлгі өлшемдерінің өзгеруі туындайды. Деформация иілгіш немесе пластикалық болады.

Иілгіш деформация жүктемені алып тастағаннан кейін толығымен жойылады және материалдың құрылымында және қасиеттерінде елеулі өзгерістерге әкелмейді. Абсолюттік және салыстырмалы деформация болады.

А б с о л ю т т і к деформация Δl — өлшемнің (созуға сынаулар кезінде ұзындықтың) өзгеруі, с а л ы с т ы р м а л ы — бастапқы ұзындыққа абсолюттік деформацияның қатынасы ϵ ,

яғни $\Delta l/l$.

3.5-сурет. Созуға сынау үшін үлгі



Кернеу және салыстырмалы иілгіш деформация арасында

сызықтық тәуелділік бар — Гук заңы: $\sigma = E\varepsilon$, мұнда

E — серпімділік модулі, оның қаттылығын сипаттайтын материалдың қасиеті, яғни иілгіш деформацияға қарсы тұру қабілеттілігі.

Пластикалық деформация жүктемені алып тастағаннан кейін жоғалады (жүктеу жойылғаннан кейін, алюминий сымға бүктеледі, сым бүгілмейді - бұл пластикалық деформацияланған).

Созылу сынақтарында диаграмма салыстырмалы деформацияның бойынша құрастырылған

(3.6-сурет). Осылайша, үзілуге беріктігі с анықталады - тесіп үлгідегі (қисық А нүктесін) орын, онда кернеу; пропорционалды шектеу орс пластик деформациясының жоқтығы барынша жоғары кернеу болып табылады. пропорционалдық шегі дәл анықтамасы тәжірибеде аққыштық шегі анықталады, қиын болғандықтан - белгілі бір мөлшерін тұрақты деформациясы тудыратын кернеу, мысалы 0.02 - кернеу қалдық деформация бастапқы үлгісі ұзындығы 0,2% құрайды. $\sigma_{0.02}$ - кернеу қалдық деформация орын алғанда (қараңыз. сур. 3.6).

Бұзылудан бұрын үлгілі пластикалық деформацияға ұшырайды - ұзартады, диаметрі азайған мойын қалыптасады (3.7-сурет). Металдың икемділігі ұзарту $\delta = \Delta l / l$ және салыстырмалы ұзарту $\gamma = (F_0 - F_k) / F_0$ сипатталады, онда F_0 үлгідегі бастапқы қимасы; F_k сәтсіздікке ұшырағаннан кейін үлгінің ең аз көлденең қимасы. Осы сипаттамалардың неғұрлым көп мәндері, пластикалық материал неғұрлым көп болса.

Қаттылығын анықтау. Қаттылығын материалдың үлкен пластикалық деформацияларға төзімділігі сипаттайды. Қаттылықты анықтаудың ең кең таралған әдістері арнайы корпустың сынама материалына интрессор деп аталатын, пластикалық деформацияның пайда болуымен байланысты.

Материалда инстентирдің ізі қалады, сол арқылы қаттылықтың мәні бағаланады.

Қаттылықты анықтау материалдың қасиеттерін зерттеудің ең кең таралған әдісі болып табылады.

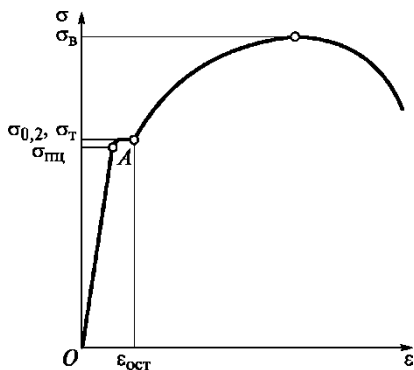
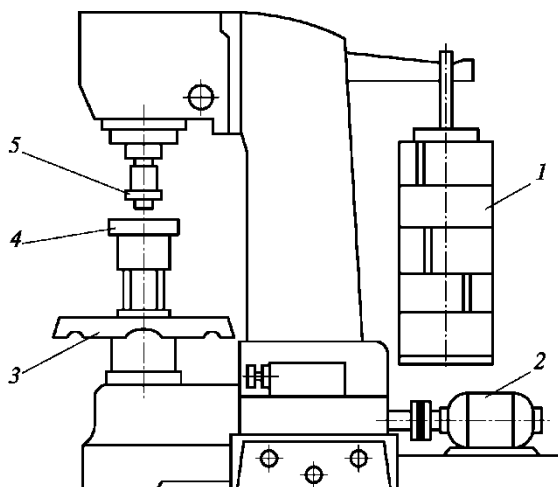


Рис. 3.6. Диаграмма растяжения

Сурет. 3.7. Сынақ сынағындағы бұзылған сынама



3.8-сурет. Бринелл қысу әдісі:

1 — жүк; 2 — электр қозғалтқыш; 3 — алдын ала жүктемені құру үшін бұраманы бұру сермері; 4 — қондырма үстелі; 5 — индентор ұстаушысы

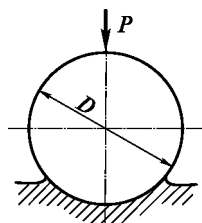
Бұл бірқатар себептерге байланысты: қаттылықты анықтау бұзылыспайтын әдіс болып табылады, өйткені мұндай өлшеуден кейін оның мақсатына сәйкес пайдаланылуы мүмкін; қаттылық сынақтары жоғары біліктілікті қажет етпейді; қаттылықты біле отырып, басқа механикалық қасиеттер туралы айтуға болады.

Бринелл әдісі. Интерент - сынама үлгісіне арнайы баспасөзде басылған болаттан жасалған шар тәрізді шар (3.8-сурет). Нәтижесінде сынаманың бетінде сфералық ұңғыма түрінде із қалдырылады (3.9-сурет). Басып шығарудың диаметрі екі жақты перпендикуляр бағытта өлшенеді микроскопы - масштабтағы үлкейткіш шыны (3.10 сурет). Қаттылықтың HB саны, кгс / мм² - қолданылатын жүктің баспа бетіне қатынасы, формула бойынша есептеледі

$$HB = 2P/D[D - (D^2 - d^2)^{1/2}],$$

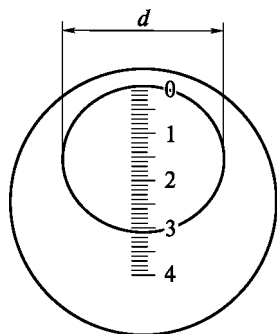
мұнда P - қолданбалы жүктеме; D және d, тиісінше, доптың диаметрі және ізі.

Іс жүзінде, баспа диаметріне байланысты қаттылық мәндері көрсетілетін кесте қолданылады.



3.9-сурет. Бринелл қаттылығын тестілеу схемасы: P — жүктеме

Шарды диаметрі мен жүктемесі $d =$ қатынасы үшін таңдалады $= (0,25 \dots 0,5)$, яғни, түрлі материалдар үшін бұл параметрлер әртүрлі. 10 километрді құрайтын диаметрі 10 кг, салмағы 3000 кгс (29430 N) және ұстау уақыты 10 сек, қаттылық тек сандар мен латын әріптерімен ғана көрсетіледі, мысалы 200 НВ. Бұл шарттар болаттардың және шойын үтірлерінің қаттылығын анықтау үшін қабылданады. Сынақ жағдайын өзгерткенде, қаттылық мәндеріне қосымша, шариктің диаметрі, жүктеменің күші мен ұстау уақыты көрсетіледі. Мысалы, 185 НВ / 5/750/20, мұндағы 5 - шар диаметрі мм, 750 кгс (7,350 N) жүктемесі, 20 - жүктеменің астында тұру уақыты.



Сурет. 3.10. Брюнель үлкейткіштің басып шығару диаметрін өлшеу

Бринелл әдісі әмбебап емес. Материалдың қаттылығы 450 ХБ-нан (деформациялануы мүмкін), сондай-ақ үлгілердің тереңдігі он еседен кем емес сынақтарға жол бермейді.

Бринелл қаттылығы мен беріктігі мен беріктігінің беріктігімен келесі ара қатынастар байқалады: болат құю үшін $= \text{НВ} / 3$, от $= \text{НВ} / 6$; алюминий қорытпалары үшін $= 0.362 \text{ МБ}$; мыс қорытпалары үшін $= 0.26 \text{ МБ}$.

Роквелл әдісі. бетінің қаттылық емес абзацы, және үлгідегі оның ену тереңдігін анықталады фактісі бұрын талқыланды өтіріктерден Бұл әдістің негізгі айырмашылығы.

Жабық материалдарды сынау үшін қатты материалдарды сынау үшін болат қатталған шарды сынау үшін шұңқыр ретінде Алмаз конусы қолданылады. өте жоғары қаттылық материалдарды аз қатты материалдарды (мысалы, шыңдалған болат) үшін үлкен, аз (қатты қорытпалар - гауһар конусы 60 кгс (500 N) немесе 150 кгс (1400 N) материал қаттылығына байланысты үшін орнатылған пайдалана ІС кезінде жүктеме , керамиканы кесу), Алмазды сұртуге жол бермеу үшін. Болат шыңы 100 кгс (900 N) жүктемені басады.

Сынақтар қара (С) және қызыл (В) шкаласы бар арнайы құралымен орындалады. Шкала С 60 және 150 кгс жүктеме кезінде гауһартас конусы бар сынақтарда, 60 кгс салмақпен доп үшін В масштабында қолданылады. Қаттылық сандары: НРК-алмаз конусы, 150 кгс жүктеме; HRA - Алмаз конусы, жүктемесі 60 кгс; HRC-болат шкафы, салмағы 100 кг.

НВ бірлік кем шамамен 10 есе бөлімшелерінде HRC қаттылық саны, яғни 30 HRC қаттылығы шамамен 300 НВ-ге тең. $\text{HRC} = 2\text{HRA} - 104$: қаттылық мәнін арасындағы және С келесі қарым-қатынаста болу таразы.

Виккер әдісі. Бұл әдіс төртбұрышты гауһар пирамиданың 136 градусқа тең қарама-қарсы беттер арасындағы бұрышқа енуіне негізделген. Қаттылық саны HV (кгс / мм²) деп белгіленеді және жүктің басып шығарудың бетіне қатынасы бойынша анықталады. Қаттылық саны $HV = 1,854P / d^2$ формуласы бойынша есептеледі, мұнда d - баспа диагональдарының орташа ұзындығы.

Жүктеме 1-ден 100 кгс-ға дейін (10-нан 1000-ға дейін) өзгеруі мүмкін. Диагональдардың мөлшері құрылғыға салынған арнайы микроскоптың көмегімен анықталады. Қорытпаның өте жұқа қабаттарын немесе жекелеген фазаларын өлшеу үшін микроағзалықты өлшеу әдісі 1-ден 500 г (0,01-ден 5 Н-қа дейін) жүктеме кезінде қолданылады, ол сондай-ақ HV бірліктерінде анықталады. Brinell және Vickers үшін қаттылықтың мәндері (450 HB дейін) іс жүзінде тең.

Шор әдісі. Шөлдік қаттылықты өлшеу кезінде, бұрын қолданылғаннан өзгеше қағида қолданылады. Қаттылық пластикалық деформацияға емес, серпімділік шамасымен бағаланады. Нысанның бетінде арнайы атыс күші H_n биіктігінен түседі. Зардап шеккенде энергияның бір бөлігі зерттелетін материалдың пластикалық деформациясына жұмсалады. Қалған икемді деформация шабуылшыға H_0 саны бойынша серпімді қалпына келтіру түрінде қайтарылады (3.11 сурет). Бұл жағдайда балға өзі деформацияланбайды, себебі ол Алмастың ұшымен жабдықталған. Серпімді деформацияның шамасы бойынша анықталған қалпына келтіруді қалпына келтірудің биіктігі материалдың қаттылығын жоғарылатады.

Қаттылық H_0 шабуылшысының көтерілу биіктігімен анықталады (3.11 суретті қараңыз). Shore құрылғысындағы қаттылық шкаласы 130 бірлікке бөлінген. Ол беріктендірілген эвтектоидты болаттан жасалған қаттылық 100 бірлікке тең етіп жасалған. Бұл құрылғылар жиі, бөлшектер тікелей қаттылығын анықтау үшін, әсіресе көлемді пайдаланылады.

Осы әдістердің қолдану мүмкін емес, кейбір жағдайларда, металл қаттылығы (бетіндегі үлкен қаттылық файл слайдтар) шламын әлі мүмкін жою кезінде белгілі максималды қаттылық бар материалдан файлдар калибрленген анықталады. Бұл әдіс аз дәл, бірақ қарапайым цех бойынша қолдану оңай.

Шаршауды сынау. Металдардың шаршау қателігі қайталанатын кернеулер жағдайында пайда болады, олардың мәндері беріктік шегінен аз.

3.11-сурет.
Шор бойынша
қаттылықты
өлшеу

Бұл процесс жою біртіндеп отыр - шаршау - қалыптасу кезеңінде металл ең жүктелген немесе әлсіреген жерде айнымалы жүктемелер циклі үлкен санының әсерінен болып табылады, содан кейін сызаттар өсіп, сондықтан, үздіксіз металл ауданы біртіндеп σ_R азаяды және кернеу артып / F , тұрақты жүктеме кезінде саласындағы F F төмендеуі стресс артуына әкеледі. металл тез жою бар екенін, сондықтан жұмыс кернеу, созылу беріктігі (яғни, шамамен $> \sigma_s$) асып ретінде көлденең қимасының қалған өзгеріссіз бөлігі, қолданбалы қуатына шыдай алмайды, нүктелік туындайды.

Шаршауға қарсы материалдың қасиеті төзімділік деп аталады. Металлдың алдын-ала белгіленген циклдердің қайталануына кедергі келтірмейтін ең үлкен кернеу төзімділік шегі деп аталады.

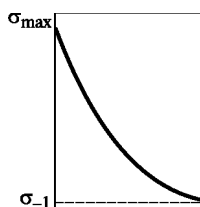
Шаршау сынағы көбінесе үнемі иілу жүктемесі бар айналмалы үлгімен жүзеге асырылады. Үлгінің әрбір нүктесіндегі кернеулер бір ретті оң (созылу) жағынан теріс (қысу) дейін өзгереді, яғни. Син қисықтары заңға сәйкес өзгереді (3.12-сурет). Осы жүктеме кезінде ең үлкен және ең аз кернеулердің қатынасы -1 болады. Бұл жағдайда төзімділік шегі σ_{-1} арқылы белгіленеді. Сынаулар келесідей түрде орындалады.

Берілген кернеу үшін сәтсіздікке дейінгі циклдардың саны анықталады, нәтижесінде алынған мән n -о графасында бейнеленген, мұнда n - циклдардың саны. Нәтижесінде шаршау қисықтары алынады (3.13-сурет). Бұл қисықта көрініп тұрғандай, ешқандай бұзылуға алып келмейтін кернеу бар, бұл төзімділік шегі, яғни, кернеу бөлігінен төмен болған кезде, жұмыс істей алатындай ұзақ уақыт жұмыс істей алады.

Сырғыштық сынау. Сырғыштық - бұл тұрақты кернеу әрекетімен уақыт бойынша материалды деформациялау. Металлдарда сіңірілу жоғары температурада ғана байқалады,



Сурет. 3.12. Никслинг кезінде ауыспалы жүктемеге байланысты үлгідегі кернеулерді өзгерту



3.13 сурет.
Қисық сызық

10^4 10^5 10^6 $10^7 n$

бұл полимерлер үшін бөлме температурасында болуы мүмкін (12-тарауды қараңыз).

Металл ішінде сіңіп кеткен кезде келесі процестер орын алады. Қолданылған жүктеме нәтижесінде пластикалық деформация пайда болады, бұл қатайтады. Қаттылдау нәтижесінде материалдың қатаюы орын алады, шығымдылық стрессі артады, деформация тоқтайды. Алайда, жоғары температура кезінде қайта кристаллизация процесі басталады (деформация қатып қалады) және деформация қайта пайда болады. Осылайша, сіңірілу кезінде екі процестер орын алады: металлды қатты қатайтумен және қатты температураның әсерінен қатаюдан тазарту. Жұмыстың қатаюын төмендетіп, шығымдылық кернеулерінің мәндерін төмендеткен соң, деформация қайтадан дамиды.

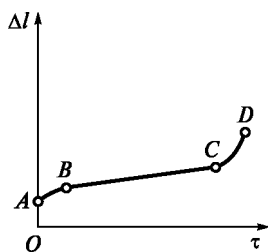
Тегістеу сынақтары тұрақты жүктеме кезінде арнайы қондырғыларда жүргізіледі. Үлгі сынақ машинасының қысқыштарына орналастырылып, пешке орналастырылған. Бұл жағдайда үлгінің ұзындығын өлшеу және жазу автоматты түрде орындалады, яғни. қисық сызық жазылады (3.14-сурет). Бұл қисығы бойынша ОА бөлімі жүктеу кезінде пайда болған деформацияға сәйкес келеді; АВ - тұрақсыз серпілістің бір бөлігі; ВС - қисық бейімімен сипатталатын тұрақты жылдамдықта металдың деформацияланған кезде тұрақты сілкіну аймағы; Компакт-дискідегі процесс толықтығы тек тұрақты жылдамдықта емес, тезірек жүреді, бұл кезең Д нүктесінде бұзылуымен аяқталады.

Ұмытылмас сынақтар кезінде сіңіру шегі мен ұзақ мерзімді беріктігі айқындалады. Рұқсат етілген шектеу s - бұл берілген температурада t , яғни деформацияға алып келетін стресс. белгілі бір уақытқа қалдық деформацияның мөлшерін реттейтін (б.з.д. бөлімі).

Мысалы, $a_0 \cdot 2 / 100 = 1000$ МПа, сіңіру шегі, яғни 700°C сынақ температурасында 100 сағатқа 0,2% қалдық деформацияға арналған резерв 1000 МПа дегенді білдіреді.

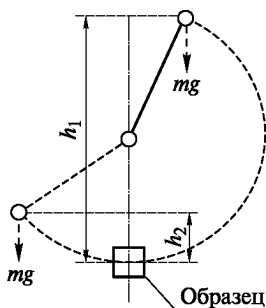
Ұзақ мерзімді беріктік - белгілі бір уақыт ішінде белгілі бір температурада (D нүктесі) бұзылуына әкеп соғатын стресс, мысалы, $A_{7000} = 200$ МПа 200 МПа және 700°C температурасында 1000 сағаттан кейін сынама бұзылатындығын білдіреді.

Соққы беріктігін анықтау. Төзімділік тесттері сынақтың динамикалық түрлеріне жатады. Соққы беріктігін анықтау үшін кернеу концентраторы ретінде қызмет ететін U-cut немесе V-тәрізді кесілген стандартты үлгілер пайдаланылады. Кесектің пішініне байланысты төзімділік KCU немесе KCV деп аталады.

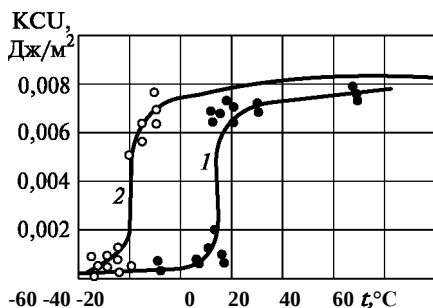


3.14-сурет. Қисық сырғыштық

Үлгі маятниктің асыл тұқымдастарына орнатылады (3.15-сурет), маятниктің әсері палубаға қарама-қарсы орналасқан үлгідегі жағына



3.15-сурет. Екпінді жабысқақтықты анықтау схемасы



3.16-сурет. Ірі дәнді (1) және ұсақ дәнді (2) болаттың сынғыштық шегі

қолданылады. Маятника h_1 биіктігіне көтеріледі, ол төмендейді, үлгісін бұзады және h_2 биіктігіне көтеріледі. $h_1 > h_2$, өйткені сақталған энергия бөлігі үлгіні бұзуға жұмсалады. Осылайша, жою жұмыстары: $A = mG(h_1 - h_2)$, кJ. Оның маятниктің масштабынан оқылады.

Соққы беріктігі - бұл сынудың салыстырмалы өнімділігі, яғни. F үлгісінің көлденең қимасын анықтайтын әсер ету жұмыстары. Осылайша, $KCU (KCV) = A/F$, кДж/м².

Суық сымбаттылықтың шегі. Көптеген металдар мен қорытпалар, негізінен, бсс және hcp торымен, температура төмендеген кезде тұтқыр сынықтардан мыжылғанға дейін ауысады, бұл сынықтың сипатының өзгеруінде және төзімділігінің төмендеуімен көрінеді. Бұл өзгерістердің температуралық диапазоны суық қысқа шегі немесе сынғыштықтың сыни температурасы деп аталады. Металлдың құрылымдық жағдайына және беріктік деңгейіне байланысты сынғыш сыныққа өту тегіс немесе күрт болуы мүмкін. Суретте. 3.16 ұсақ түйіршікті және ұсақ сұрыпталған болаттардың суық сынғыш табалдырығының температуралық тәуелділігі көрсетілген.

Суық қаттылық шегінен төменгі 4 және одан төменгі шекаралар арасында бөлінеді. Бұл температура диапазонында тұтқыр талшық үзілісінен сынғыш сыныққа өту бар. Көптеген суық сынғыш шегі сынақ температурасынан анықталады, онда сыну кезінде T50 тұтқыр талшықты компоненттің 50% қатысады. Суық сымбаттылық шегі неғұрлым жоғары болса, металл сынық сынған үрдіс соғұрлым көп болады; мысалы, егер ол 20 ° C жоғары болса, метал сынғыш бөлме температурасында үзіледі. Өнімдер сынғыш сынған кезде алынбаған кезде суық мыжылған табалдырықтан жоғары температурада жұмыс істеуге тиіс.

Суық қарсаңында астық өлшемін, химиялық құрамы, ауқымды фактор және т.б. (өнім өлшемдері), стресс кен байыту фабрикасы, тиеу нормасы, әсер Солтүстік жағдайларда пайдалану үшін, суық мөрдін

төменгі шегі бар болаттан жасалған бөлшектер - солтүстік нұсқасы талап етіледі. Суық борпылдақты допингке никельмен легірілеу арқылы қол жеткізіледі.

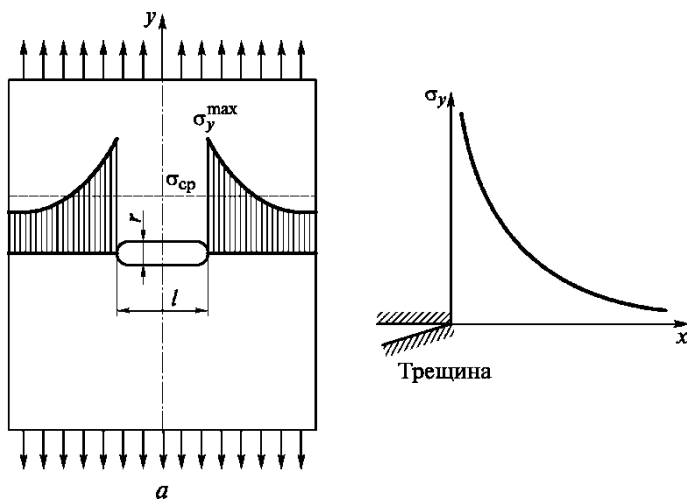
Жарықтарға төзімділікті анықтау. қарсылық сызаттар қатысуымен оның жұмыс істеу қабілетін (төмендей емес) қамтамасыз ету үшін материал қабілетін сипаттайды.

Материалдағы жарықтар шаршағандықтан, металлургиялық ақаудың салдарынан болуы мүмкін және т.б. болуы мүмкін. Crack яғни стресс концентратор (сур. 3.17, А), орташадан жоғары, оның шыңы АР амахznachitelno кернеу болып табылады сондықтан олар есептеледі, сондықтан қаншалықты көп, соғұрлым ұзақ және өткір жарық:

$$\sigma_{\text{max}} = \sigma_{\text{cp}} \sqrt{1 + 2 \frac{l}{\rho}}$$

мұнда l - жарықшаның ұзындығы, ρ - жарықшаның ашылу радиусы. Жарықтың аузынан қашықтық азайған сайын кернеулер азаяды (3.17-сурет, б).

Егер жарықтың аузындағы кернеулер оны таратуға әкелетін болса, есептік кернеулердің шығу нүктесінен төмен болса да, материал жойылады.



3.17-сурет. Металлдағы кернеудің қатысуымен стресс бөлу:
а - жарықтарға жақын стресс шоғырлануы; б - стресс тәуелділігі
жарықтың жоғарғы жағына дейін

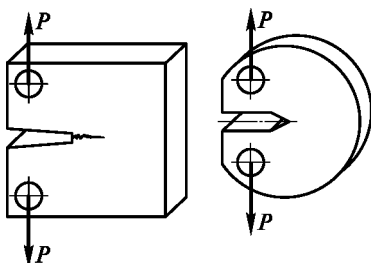
Крек қарсылықтары K1c критерийі бойынша бағаланады. K1c кедергісінің кедергі коэффициенті бөлікке әсер ететін деструктивті стресстің көлемін және жарықтың ұзындығын білдіреді:

$$K_{Ic} = 2\sigma_{pl}/p,$$

мұнда σ_{pl} - бұл белгілі бір жарықшаның ұзындығы l кезінде беріктік есептеулерде есепке алынуы керек деструктивті кернеулер.

Осылайша, коэффициент өлшемі — МПа • м^{1/2}.

Жарыққа төзімділік коэффициенті материалдың сипаттамасы болып табылады. Одан тыс орталық кернеуде алдын-ала қалыптасқан жарықтар бар арнайы үлгілер бойынша анықталады (3.18-сурет).



3.18-сурет. Сызатқа беріктіктің коэффициентін анықтау үшін үлгі K_{T1c}

3.3. Металдардың физикалық қасиеттері

Металдардың физикалық қасиеттері электрлік, магниттік және жылулық қасиеттерді қамтиды. Бірқатар бөлшектер үшін олар металдарды қолдану мүмкіндігін анықтайды.

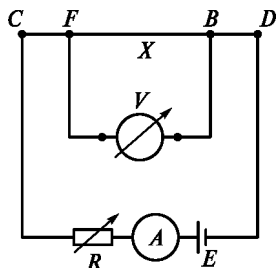
Біріншіден, бұл жоғары электр өткізгіштікті, немесе керісінше, жоғары электр кедергісі, сондай-ақ белгілі бір магниттік қасиеттерін талап етуі мүмкін, мұндай материалдық емес магниттік, т.б. болуы тиіс, оның электр өнеркәсібінде пайдаланылатын бөліктері болып табылады. Мұндай жағдайларда механикалық қасиеттер қайталанады.

бос электрондардың болуы, немесе электронды газ, жоғары электр және жылу өткізгіштігі анықтайды - металдардың физикалық қасиеттері олардың құрылымын анықталады.

Арнайы электр кедергісін анықтау. оның мөлшерін дирижер r_{zavist} (ол үлкен, ұзындығы L және көлденең қимасының ауданы үлкен кем $s_{provodnika}$ болып табылады) және материалдық қасиеттерін электр кедергісі: $R = PL / s$, P - электрлік қарсыласу материалдық Ом • мм² / м немесе Ом • см, яғни. ұзындығы 1мм² және 1 м дирижері ауданы кедергісі.

Ең қарапайым тәсілі - өткізгіштің кедергісін вольтметр-ампермер әдісімен анықтау (3.19-сурет). CD-өткізгіштің сегменті қарсылығын анықтау керек болатын материалдан жасалған. FB аралықтағы кедергі r формуламен анықталады

$$r = (jF - 9B) / I,$$



Сурет. 3.19. Схема бойынша вольтметр - амперметрге сәйкес арнайы электр кедергісін анықтау

мұндағы jF - jB - F және B нүктелеріндегі әлеуетті айырмашылық (вольтметр көрсеткіштері V), I - ток күші (амперметр A). Ұзындығы FB және үлгінің көлденең қимасын біліп, ρ есептеңіз. Қарсылықты анықтаудың басқа әдістері бар (мысалы, бір және екі көпір).

Металдардың нақты кедергісі температураға тәуелді, ол соғұрлым жоғары, температура неғұрлым жоғары:

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t),$$

мұнда ρ_0 және ρ_t - 0°C және t температурасындағы қарсылықтар; α - температура коэффициенті.

Электротехникалық мыс өткізгіштері кеңінен қолданылады ($\rho = 1.7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{см}$ немесе 0.017 мкм) және алюминий ($\rho = 2.7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{см}$ немесе 0.027 мкм).

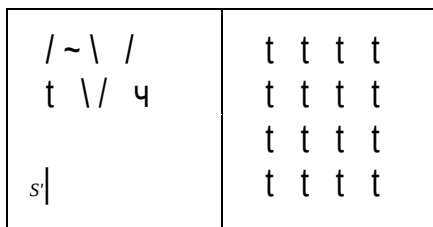
Өзіндік кедергісі кері өткізгіштігі деп аталады: $g = 1 / \rho$.

Магнитті қасиеттері. Магниттік қасиеттерге сәйкес материалдар екі класқа бөлінеді: магниттік тәртіпте және магниттік тәртіпте реттелген. Бірінші класс диамагнетикалық және парамагнетикалық материалдарды қамтиды, ал екінші сыныпқа ферромагниттік материалдар кіреді. Бірінші кластағы материал үшін кеңістіктегі қарапайым магниттік сәттер кездейсоқ бөлініп, екінші тәртіппен (3.20-сурет).

Магнитті реттелген металдар магниттік сезімталдықтың үлкен мәнімен ерекшеленеді. Бұл магнит өрісінің қарқындылығын және I магниттелуін сипаттайтын s мәні:

$$I = \%H.$$

Диамагнетикалық материалдар үшін парамагнит материалдары үшін теріс көрсеткіштері бар, бұл оң.



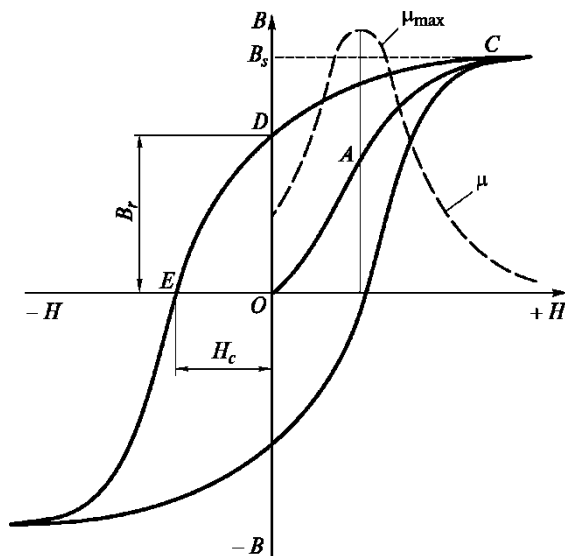
Сурет. 3.20. Парамагнетада (а) және ферромагнетада магнит сәттерінің орналасуы (b)

Осылайша, магнит өрісінде темір-магниттік материалдарды магнит. Бұл металдар үлкен магниттік сезімталдыққа ие және салыстырмалы түрде кішігірім кен орындарында қанықтыру үшін магнетизациялануы мүмкін, сонымен қатар олар магнитизацияға ие болады, яғни магнитизацияға ие болады. магнит өрісін алып тастағаннан кейін магниттік қасиеттерді сақтаңыз.

Ферромагниттік магниттік гистерезис (сур. 3.21) бар. Кезде үшін магниттелген магнит өрісінің өріс кернеулігі H ұлғайта OS бірінші қисық арттырады және өз магниттелген материал арттыру. Бұл екі шаманың сомасы Тесла өлшенген магниттік индукция B деп аталады ($1 \text{ T} = 10^4 \text{ Г (гаус)}$): $B = H + 4\pi I$. Қанықтандыру магнитизациясынан (B_s) ферромагнетпен жеткеннен кейін, жалпы магнитизация өріс беріктігінің артуына байланысты ғана артады. Өрістің H күші жойылған кезде, demagnetization OC - магниттелген қисық сызық бойымен емес, CDE сызығының бойымен гистерезис циклін қалыптастырады.

Материалдың маңызды магниттік қасиеттері (3.21-суретті қараңыз):

- Қалдық магниттік индукция B_H - қанықтылығына магнитизацияланғаннан кейін материалда сақталатын индукция шамасы, содан кейін сыртқы магнит өрісін нөлге ($H = 0$) толығымен жояды; ол гистерезис қисықтың OD сегменті болып табылады.



Сурет. 3.21. Магнит өрісінің магнит өрісінің күші функциясы ретінде ферромагнит

Басқаша айтқанда, магнит өрісін алып тастағаннан кейін, ферромагнет магниттік қасиеттерді біріктіреді;

- H_c мәжбүрлеу күші - бастапқы магнит өрісінің интенсивтілігі, ол бастапқыда қолданылатын өрісіне кері белгісі бар, толық демагнетизация үшін қажет. Бұл гистерезис қисығындағы ЕО сегменті;

- магниттік өткізгіштігі материалдың магнитизациялау мүмкіндігін сипаттайды және магнит өрісінің беріктігіне байланысты.

Материалдардың магнитті сипаттамалары арнайы әдістермен - баллистикалық, магнитометриялық және т.б.

Материалдардың магниттік қасиеттерінің әр түрлі комбинациясы оларды қолдануды анықтайды (8.3-бөлімін қараңыз). Электротехника, аспап жасау және басқа салаларда магнитті емес (парамагнит) материалдар қажет. Оларға түсті металдар (мыс, алюминий және оларға негізделген қорытпалар), сондай-ақ аустенитикалық болаттар кіреді (8.1-бөлімді қараңыз).

Жылу қасиеттері. температура айырмашылығы Санағыш туындайды, егер материал жылу өткізгіштік, басқа бір бөлігінде жылу аудару жөніндегі өз мүмкіндігіне сипаттайды.

Қатты денеде (3.22-сурет) l қашықтықта екі параллельді жазықтықты бөліп, S ауданымен екі бірдей қиылысты алайық. Қиылыстардың біреуі t_b , ел екіншісінде — t_2 температура, егер $t_1 > t_2$ болса, онда жылу ағыны тілдің бағыты бойынша орын ауыстырады. Q берілген жылу саны ($t_1 - t_2$) температуралардың түрлілігіне, S үйкеліске және t уақытқа тікелей пропорционалды және керісінше l ұзындыққа пропорционалды болады.

Осылайша, $Q = 1S(t_1 - t_2)/l$, мұнда 1 — материалдың жаратылысына байланысты үлестік жылу өткізгіштік, ол дене арқылы 1 с ішінде 1 см² қиылыспен, 1 см ұзындықпен өтетін жылудың көлемін анықтайды. 1 үлестік жылу өткізгіштік кал/(с • см • °C) өлшенеді немесе Вт/(м • K) (1 кал/(с • см • °C) = 0,0024 Вт/(м • K)).

Ерекше шарттар бойынша жылу өткізгіштігінің мәні температурадан тәуелді:

$$1_t = 1_0(1 + aT),$$

мұндағы 10 - 0 ° C температурада жылу өткізгіштігі; a - жылу өткізгіштігінің коэффициенті; T - температура.

Жылулық өткізгіштікті анықтау үшін сынақ материалы бір жағынан тұрақты температураны қамтамасыз ететін жылытқыш құрылғыға, ал екіншісі тоңазытқыш ретінде жұмыс істейтін су жылытқышқа орналастырылады. Суды қыздыру кезінде, t уақытында өтетін Q жылу мөлшері тексеріледі.

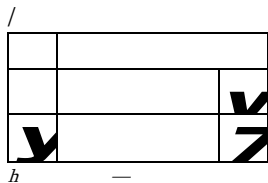


Рис. 3.22. Определение теплопроводности образца при разнице температур $t_1 - t_2$

Температура айырмасын ($t - t_2$) екі нүктеде өлшеу арқылы олардың арасындағы қашықтық 1 және көлденең қиманың ауданы 1 мәнін анықтайды.

Байланыстың металл типі металдардың жоғары жылу өткізгіштігін анықтайды. бір немесе екі тәртібін төмен ковалентной немесе ионноу өткізгіштігі бар металл емес материалдар.

материалдардың жылу өткізгіштігінің үлкен айырмашылық өнер және күнделікті өмірде ргітмененіе отыр. Жылу оқшаулағыш қасиеттері металл емес материалдармен жабдықталған, жылуды қажет ететін жағдайда металдар пайдаланылады, себебі олар жоғары жылу өткізгіштікке ие.

Термоэлектрлік қасиеттері. төмендегідей бірінші термоэлектрлік әсер (Seebeck әсері) болып табылады: әр түрлі металдар екі өткізгіштер, егер, және әр түрлі температурада қыздырылған байланыс нүктелері (ауысулар) ұштарын қосылу, тізбегінде бар Seebeck ЭҚК болады және термоэлектрлік ағымдағы.

Жылу электр (E) ыстық және суық айрығының және материалдардың сипаты температура арасындағы айырмашылық байланысты:

$$E = aT + bT^2 + cT^3,$$

мұнда T - температура; a, b, c - материалдардың қасиеттеріне байланысты коэффициенттер.

Бұл нәтиже термопары арқылы температураны анықтау үшін қолданылады. Термопарк - термоэмф мәнінің суық және ыстық нүктелердің температуралық айырмашылығына тәуелділігі (термопары аяқталды) тәуелді болатын екі түрлі гетерогенді өткізгіштердің түйіні. Температураны өлшеу кезінде термопардың түйіндерінің біреуі температураны өлшеу қажет жерде орналастырылады. Термоэмфті өлшеу және алынған мәндерді термопары өлшенген температурамен салыстыру арқылы температураны анықтайды. Жылу кеңейту. Материалдар қызған кезде жылу кеңеюі байқалады. Оның шамасы сызықтық кеңеюдің (ТКЛР) а температуралық коэффициентімен есептеледі. Бұл ұзындығының салыстырмалы өзгеруіне тең өлшемсіз сан. Жылулық кеңейтудің жылу коэффициенті дилатометриялық талдау арқылы анықталады.

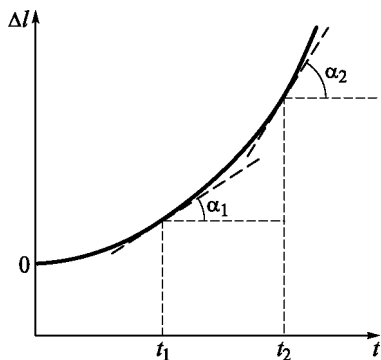


Рис. 3.23. Расширение металла в зависимости от температуры

Температураға байланысты D1 ұзындығының өзгеруі механикалық, оптикалық және электрлік дигатометрлермен жазылады.

Температураға металлдардың кеңеюінің тәуелділігі қисық сызық сипатына ие (3.23-сурет). Жоғарыда көрсетілген тәуелділіктен көріп отырмыз, коэффициенттің мәні артып келе жатқан температурамен артады.

3.4. Металдардың химиялық қасиеттері

Сұйықтық үлгідегі толық немесе бірнеше қайталанатын тиелген, жұптасып, қайнаған тұзды ерітіндіде және т.б.: әдістерін бірқатар пайдалана отырып айқындалады тоттануға төзімділігі - Мұнда біз жоғары практикалық мәні бар металдардың ең маңызды химиялық қасиеттері бір ғана қарайды, басқа сөзбен айтқанда, материалды пайдалану жағдайларына байланысты.

нәтижелері материалды салмақ жоғалту сипатталады, коррозиялық бағамы сандық бағаланды. Осы көпір сипаттамаларына байланысты silnostoykie материалдар (жылдамдығы 0,1 мм / жыл), тұрақты (0,1 ... 1,0 мм / жыл) ponizhennostoykie (1.1 ... 3.0 мм / бөлінеді жыл), malostoykie (3,1.10,0 мм / жыл) және тұрақсыз (астам 10,1 мм / жыл). коррозияға ену құны Р коррозия жылдамдығын анықтау бойынша, 3.10 мм / жыл.

Кристал аралық тоттану үрдісіне арналған бірнеше сынақ әдісі бар (8.1 бөлімін қараңыз). Олардың бірін келтірейік. Сынамалар мыс сульфаты мен күкірт қышқылының қайнаған ерітіндісінде 24 сағат бойы жүргізіледі. Содан кейін олардың қалыңдығы сынаманың қалыңдығына байланысты арнайы муфтаға 90 ° бұрышта бүгіледі. Егер ешқандай сызаттар пайда болмаса, болат қырлы коррозияға төзімді, сызаттардың бар болуы, керісінше, межгрянулярлық коррозия үрдісін көрсетеді.

3.5. Металдар мен қорытпалардың технологиялық қасиеттері

Технологиялық сипаттамалар бөлшектерді өндіру кезінде материалдардың мінез-құлқын сипаттайды. Технологиямен технологиялық операцияларды жүргізуге ыңғайлылықты түсіну керек. Бұл дегеніміз, технологиялық қасиеттер деңгейі белгілі бір технологияны пайдалану мүмкіндігін анықтайды. материалдың Төмен бейімделу өнімділігін некеге немесе өңдеу себептері төмендеуіне әкелуі мүмкін.

Бөлшектерді өндіруде қолданылатын негізгі технологиялық

процестер: құю, қысыммен өңдеу, кесу, дәнекерлеу.

Кастинг үрдісіндегі технологиялық процесс материалдың сұйылтуымен және шөгуімен бағаланады.

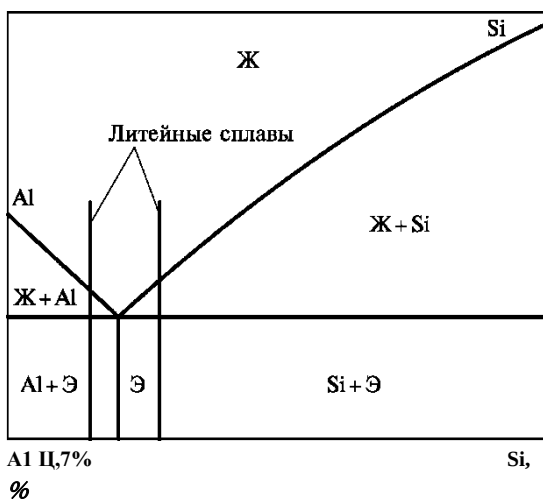
Сұйықтық ағыны материалдың қалыпты толтыру мүмкіндігін сипаттайды. Сұйық металл құйылған құбырды елестетіңіз. Бұл түтікше өтіп бара жатқанда, метал салқындатылып, оның қатты қайнаған кезде қозғалысы тоқтайды. Осылайша, кристалданудың төменгі температурасы (балку) бар металл үшін аққыштық жақсы.

Мемлекеттік диаграммаларды талдау көрсеткендей, ең төменгі температура эвтектикалық құрамның қорытпаларына ие.

Осылайша, Al — Si жүйесі 11,7 % Si қамтитын қорытпаны білдіреді (3.24-сурет). Кремний құрамына жақын қорытпалары — бұл *силуминдер* деп аталатын құйма қорытпалары.

Бұл эвтектиканың құрамында болаттардан айырмашылығы, олардың жоғары құю қасиеттерін анықтайтын құйма үтіктің құрылымында эвтектиканың болуы. Болат және шойын - темірі мен көміртегінің қорытпалары (4-тарауды қараңыз).

Пішінделген құю өндірісінде, яғни. күрделі пішіндегі бұйымдар, материалдың азаюы болуы керек: оның көлемін қалыңдататын кезде аз (азайған) болуы керек. Шойынның құрамында бұл құрылымда - графитте бос көмірдің болуына байланысты болады.



3.24-сурет. Al—Si жүйесінің күй диаграммасы

Оның тығыздығы темірдің тығыздығынан әлдеқайда аз болғандықтан, оның азаюын анықтайтын үлкен көлемге ие. Кішкентай шөгу қоладан-ақ, өйткені қола құю кеуектілігі жоғары. Қола шөгуінің коэффициенті 1% -дан аз, шойын - шамамен 1,5%, ал болаттар үшін ол 2% -дан асады.

Жоғары икемділік бір фазалы қорытпаларға тән; екінші фазаның пайда болуы, әсіресе оның қатты қаттылығы немесе төзімділігі төмен болса, металлдың пластикалық қасиетін айтарлықтай азайтады.

Осылайша, Al-Cu жүйесінде (3.25-график) мыс құрамын 5,7% дейін құрайтын қорытпалар деформацияланады, яғни. эвтектикамен қамтылмаған. Осы қорытпалардың кейбіреулері балқудың басталуына дейін бір фазалы (I аймағы), басқалары (аймақ II) қыздырылған кезде бір фаза болады.

Cu-Zn жүйесіндегі қорытпаларда (3.26-сурет) мырыш құрамының 38-ден 39% аспаған кезде жоғары пластиктен байқалады. бір фазалы қорытпаларда, содан кейін ол күрт төмендейді.

Қысыммен негізгі құрылымдық металлды болаттардың механикалық қасиеттеріне назар аударайық. Шойын жоғары беріктіктен және өте аз пластикамен байланысты пластикалық деформация әдістерімен өңделмейді. Болаттың бедерлілігі неғұрлым жоғары болса, онда көміртегі мен құрамындағы зиянды қоспалар төмендейді: күкірт және фосфор.

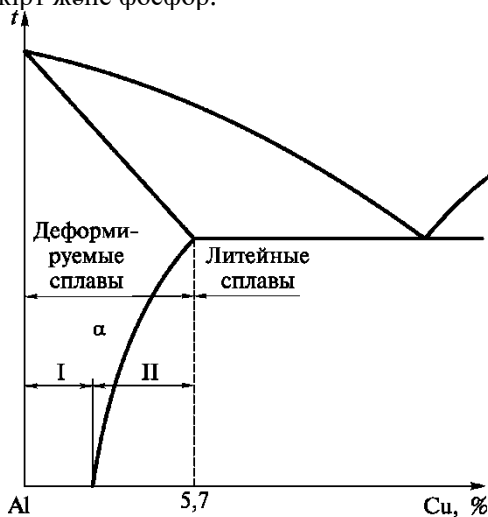
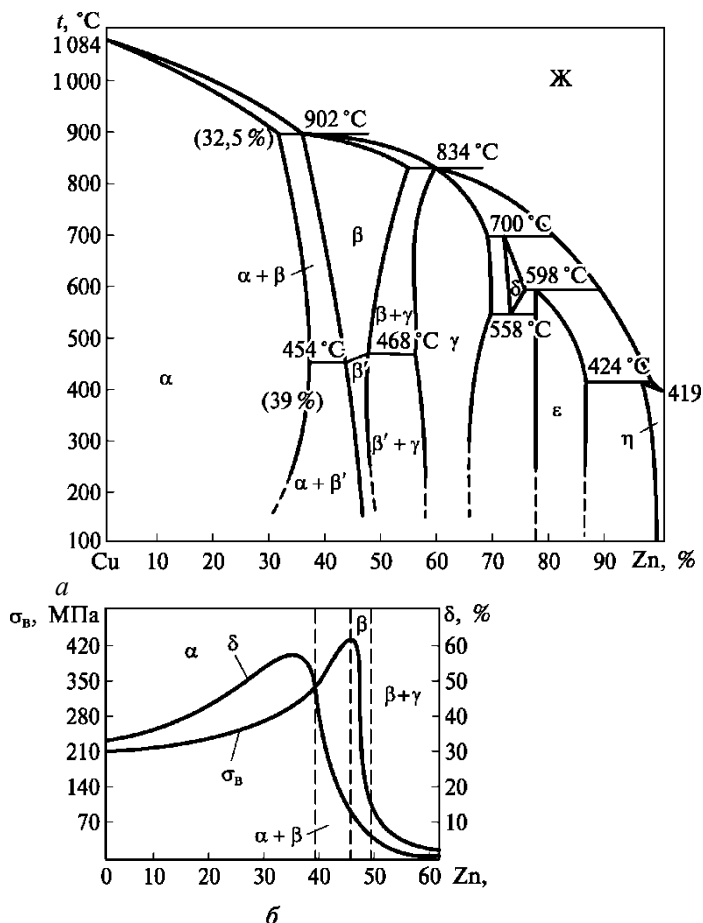


Рис. 3.25. Фрагмент состояния системы Al—Cu



3.26-сурет. Cu — Zn(a) жүйесінің
диаграммасы и мырыштың қамтылуы
жездің қасиеттеріне әсер етуі(б)

Күкірт құрамының артуы болаттың қызаруы кезінде пайда болады - ыстық пластиктің деформациясы кезінде бұзылу. Бұл сульфиддер FeS-Fe жүйесінде төменгі эвтектиканы қалыптастырады, сондықтан, соғу кезінде қыздырылған кезде деформация кезінде бұзылуды тудыратын құрылымда сұйықтық құрылады. Төмен күкірт құрамында (0,03% -дан төмен) қызару байқалмайды, өйткені күкірт сульфид емес, қатты ерітіндіні қалыптастырады.

Өнеркәсіпте болаттан жасалған бөлшектерді өндіруде суық пластик деформация технологиясы кең таралған. Бұл операциялар парағының (сығындысы, иілісі) және көлемді (түсіру) соққылы болып табылады.

Жоғары дәрежелі деформация дәрежесімен айрықша күрделі штамптау үшін, болаттардағы көміртегі мөлшері 0,08% -дан аспауы керек. Көміртегі мөлшері 0,2 ... 0,3% болғанда, бөліктердің иілуін және сәл созылуын орындауға болады, ал мазмұны 0,3-0,4% ғана үлкен радиуспен иілу мүмкін.

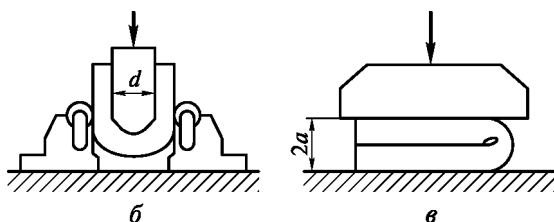
Белгілі бір деформация дәрежесі бар операцияларды жүргізу мүмкіндігін бағалау үшін суық пластик деформация процесін модельдеуге арналған әртүрлі технологиялық сынақтар (үлгілер) қолданылады. Металдардың ауқымына байланысты келесі технологиялық сынақтар пайдаланылады: иілу, иілу, бұрылуға, сфералық тесікке сурет салу.

Иілу тестілері арнайы құрылғыда жүргізіледі және табақтарға, жолақтарға және пішінделген материалдарға қолданылады. Металл суық және қызған күйде болуы мүмкін. Мақсаты металдың пішіні мен өлшемдерінде берілген иілімді қабылдауға қабілеттілігін анықтау болып табылады.

Үлгінің қалыңдығы материалдың қалыңдығына, ені - қос қалыңдыққа тең болуы керек, бірақ кемінде 10 мм. Иілудің үш түрі бар: белгілі бұрышқа иілу (3.27, а); жағын параллельге дейін майыстырмайды (3.27, с), ал майлаудың қалыңдығы пластиктің талаптарына байланысты техникалық шарттармен реттеледі; үлгідегі жақтардың («қайталану») жанасуына жақын орналасады (3.27-график, с).

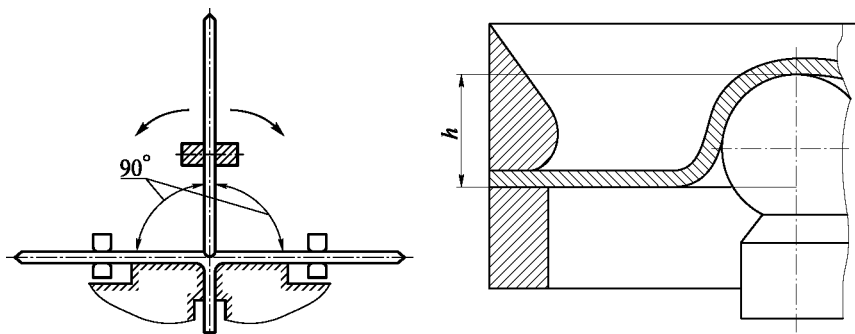
Сынулар, шергектер, алмасулар немесе сынықтар үлгісінде болмау металлдың сынауға төтеп бергенін дәлелдейді.

Иілудің сынақтары металлдың қайталануына және иілуіне қарсы тұру қабілетін анықтауға көмектеседі. Сынақ қалыңдығы 5 мм-ден аспайтын және 0,8,7 мм диаметрі бар сымға арналған табақ пен табақ металға бағынады.



Иілу кезіндегі металл сынағын схемасы:

а - бұрышқа белгілі бір бұрышқа; б) жағы параллельге дейін майыстыруға айналады; с - тараптардың байланысына жақындау; d - мандатты диаметрі; a - үлгінің қалыңдығы



3.28-сурет. Майыстыруға сынаулар схемасы

3.29-сурет. Сфералық саңылауға арналған сына схемасы

Бір ұшын қысылған үлгі солға және оңға ауыспалы иілуге ұшырайды (3.28-сурет). Бір иілісі үшін иілісі және 90° бұрышы болып табылады. Сынақтар жойылуына әкеледі. Техникалық талаптардың негізінде жоюға дейінгі соққылардың саны берілген.

Бұралу сынағы диаметрі 10 мм дейін сымдар үшін жүргізіледі. Сымның белгілі бір кернеуі пайда болады (үзілу күші 2%), бұралу сәтсіздікке біркелкі жылдамдықпен жүзеге асырылады. Икемділік көрсеткіші - бұрылыстардың саны (толық 360° айналуы).

Бір паракқа және таспа 0,1 жүзеге сорғышты сфералық майысқан (сынақтар ... суық қалыптастыру үшін материалдың қабілетін анықтау үшін 2.0 мм. Тест ұңғыманы сығымдау сақинасы мен кескіш сақина арасындағы контур бойымен қысылған үлгідегі сфералық ұңғыманы салудан тұрады (3.29-сурет). Сынақ шағылыстың қарама-қарсы жағында кішкентай жарықтар пайда болғанда тоқтатылады, олар айна арқылы анықталады. Металлдың түсіру қабілеті - тартылған тесіктің тереңдігі h . Осылайша, парағының қалыңдығы 0,5 мм қалыңдығы 5 кг, 08 кп, 08 кг және 10 кП болат маркалар үшін тереңдікке созылатын болат (SH) үшін сурет тереңдігі кем дегенде: 9,0 мм болуы керек; Тереңдікке арналған болаттың (D) 8,4 мм; Қалыпты сызба болатына (H) 8,0 мм.

Шөгінділердің сынақтары болатты суық түсіру мүмкіндігін сипаттайды, олар биіктігі екі еселенген диаметріне тең және үлгінің ұштары осіне перпендикуляр болып табылатын үлгі бойынша жүзеге асырылады. Тестілеу техникалық шарттарда анықталған белгілі бір биіктікке (үлгі ұзындығының $1/2$ немесе $1/4$ дейін) суық түсуден тұрады. Шөгінді үлгідегі ұштар мен бүйір беттерде ешқандай жарық пен шерге болмауы керек.

Механикалық өңдеу - көрсеткіштер бірқатар бағаланады кешенді материал: өңдеу қуаттарын, бетінің сапасы, чип қарау. Белгілі бір шарттарға байланысты критерийлердің кез-келгені шешуші болуы мүмкін. Мысалы, автоматтандырылған өндіріс жағдайында чиптің

пайда болу мәселесі ең маңызды болып табылады - чиптер кесу аймағынан оңай алынып тасталуы керек. қарапайым болыңыз, су ағызбаңыз.

Ең жиі қолданылатын материалдың өнімділігі тұрғысынан тиімділігін бағалау. Критерий - алдын ала берілген құралдың өміріне қол жеткізуге болатын кесу жылдамдығы. пайдаланылатын V60-критерий, реттелетін кескіш құрал тозу м / мин 60-минуттық қарсылық қол, онда кесу жылдамдығы. V60 критерийі процестің абсолютті өлшемі болып табылады. Сол салыстырмалы индикаторды қолданыңыз K «:

$$K_{V \sim V60 / V603-G},$$

мұндағы v60i және v60ax - сынақ және сілтеме болатының өңделуі. Стандарт үшін жиі болат 45-ден қаттылық 160 ... 180 ХБ қабылданады.

Тазаланған беттің кедір-бұдыры арнайы құралдармен анықталады: профилометрлер және профилактика. Қаттылық негізінен материалдың қаттылығына байланысты, қаттылықтың жоғарылығы кішігірім кедірдікті қамтамасыз етеді; бетінің сапасы жақсы.

Фишкалар түріндегі үздік механикалық қасиеттер үздіксіз флиш чипінен гөрі элементтік қабаты бар материалдарға ие. Бос фишкалар құрылыста төменгі беріктігі бар (мысалы, шойын шойынындағы графит) фазасы болған жағдайда пайда болады. Мұндай чиптер кесу аймағынан оңай алынып тасталады, бұл жаппай автоматтандырылған өндіріс жағдайында аса маңызды.

Металлдардың дәнекерлілігі физикалық және технологиялық дәнекерлеуді қамтиды.

Физикалық пісірілу мүмкіндігі - монолитті қосылымды құрайтын металлдың қасиеті. Мұндай сваривтіліктің іс жүзінде барлық техникалық қорытпалары мен таза металдар, сондай-ақ бірқатар металдар жоқ.

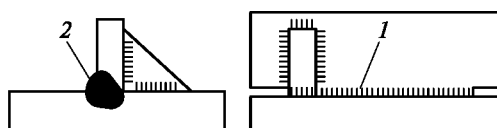
Технологиялық дәнекерлеуге сәйкес, дәнекерлеу процесінде металдың мінез-құлқы бағаланады, ол дәнекерлеу кезінде металлдың тотығу үрдісімен, сондай-ақ ыстық және суық жарықтар қалыптасу үрдісімен сипатталады.

Тотығу үрдісі металлдың химиялық қасиеттерімен анықталады. Металлдың химиялық белсенділігі неғұрлым жоғары болса, тотығу үрдісі соғұрлым көп болады; сондықтан мұқият дәнекерлеуді қорғау қажет. Ең белсенді металдарға титан, цирконий, ниобий, тантал, вольфрам және молибден жатады. Жоғары химиялық белсенділік түсті металдармен ерекшеленеді: алюминий, магний, мыс, никель, олардың негізінде қорытпалар. Пісіруді вакуумда, инертті газ ортасында немесе арнайы жабындарды немесе ағындарды қолдану керек (11-тарауды қараңыз). Бұл металдарды дәнекерлеу кезінде балқытылған металды ғана емес, сондай-ақ салқындататын тігісті, сондай-ақ жоғары

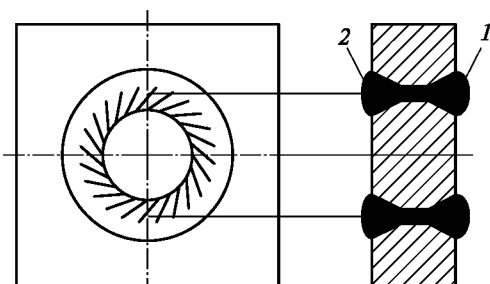
температураға дейін қыздыруға болатын дәнекерлеу бассейніне іргелес металлды қорғау қажет.

Ыстық сызаттар қалыптастыру үрдісі - кристалдану үдерісінде, яғни қатты және сұйық фазалардың болуы кезінде, сондай-ақ қатты жағдайда жоғары температураларда пайда болуы. Жоғары температура кезінде материалдың беріктігі азаяды, сондықтан ол тігістің қысылуынан және салқындату кезінде металл көлемінің төмендеуінен болған кернеулердің салдарынан ыдырауы мүмкін. Ыстық жарықтар да, өздігінен де, жақын аралық аймақта да пайда болуы мүмкін.

Ыстық сызаттар қалыптастыру үрдісінің материалын бағалау үшін екі негізгі сынау түрі жүргізіледі: техникалық үлгілерді дәнекерлеу және машина сынау әдістері. Бірінші жағдайда, осы қаттылықтың үлгісі дәнекерленген, ол үшін Т-толқыны және сақиналы үлгілер пайдаланылады (3.30-сурет). Осы сынақтарды жүзеге асырған кезде алдымен тігісті 1 дәнекерлеңіз, содан кейін 2 қалыңдығын орнатыңыз, ал 2-шламда сызаттар пайда болмайды.



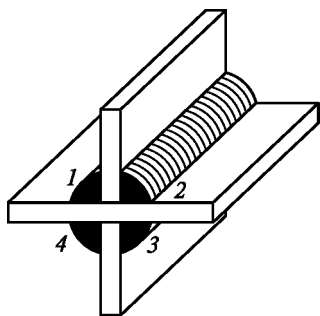
a



б

Сурет. 3.30. Т-толқындарында (а) және сақинадағы (б) үлгілерде ыстық сызаттар қалыптастыруға бейімділігін анықтау үшін технологиялық сынақтар:

1 - 2 - дәнекерлеу тігістерінің тәртібі



3.31-сурет. Суық жарықшалардың құрылуына бейімділіктік анықтау үшін айқаш технологиялық сынамасы:

1 — 4 — тігістерді салу тәртібі

Машина әдісімен сынақ кезінде дәнекерлеу кезінде үлгіні созыңыз немесе бүгіңіз. Ыстық сызаттарға бейімділік деформацияның мөлшерімен сипатталады, бұл жарықтың пайда болуына әкеледі

Суық жарықшақтарды қалыптастыру үрдісі - металдың икемділігін жоғалтқан кезде немесе дәнекерленген буындардағы қалдық кернеулердің әрекет етуі кезінде тез салқындату кезінде жылытылған металды қатайтуға байланысты жарықтар пайда болуы. Суық жарықшақтардың алдын алу үшін дәнекерленген қосылысқа жақын метал аймағы салқындату жылдамдығын азайту үшін қызады.

Сынау үшін технологиялық үлгілер пайдаланылады (3.31-сурет). Крест тәрізді үлгіде сандар тігістің дәйектілігін

көрсетеді. Ең қатаң жағдайларда төрт нүкте бар, онда жарықтар бар.

Дәнекерленген конструкцияларды өндіру үшін ең көп таралған материал - болаттардың дәнекерлілігін қарастырайық. Негізгі қауіп-қатер - суық сызаттардың қалыптасуы, бұл қатаң құрылымды алуға бейімділік. Болатта неғұрлым көп көміртегі бар болса, бұл қауіп көп. Сол сияқты легирленген элементтердің әсері де бар. Олардың Се-ның пісірімділігіне жалпы әсері келесі формула бойынша бағаланады:

$$C = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15.$$

Бірінші топқа құрамында Се <0.25% бар болаттар, олар сызаттардың пайда болуынсыз жақсы дәнекерленген. $C_s = 0,25 \dots 0,35\%$ болаттар дәнекерленген дәнекерленген, крекингке өте бейім емес, бірақ кейбір жағдайларда жылыту қажет. Се = 0.36.0, 45% кезінде болаттардың пісіру мүмкіндігі шектеулі, олар крекингке бейім, олар белгілі бір жағдайларда тек дәнекерлеуге болады, жылыту қажет..

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Макро талдаулар қандай міндеттерді шешеді?
2. Микроанализ қандай міндеттерді шешеді?
3. Өнеркәсіпте материалдардың қаттылығын анықтаудың қандай әдістері пайдаланылады?
4. Неліктен қаттылықтың анықтамасы салада кеңінен таралған?
5. Созылу үшін сынақтарда металдардың қандай қасиеттері анықталады?
6. Соққы күші қандай және ол қалай анықталады?
7. Тұрақты электр төзімділігі қалай анықталады?

8. ТермоЭДС дегеніміз не? Термоэлемент эффектісі қалай қолданылады?

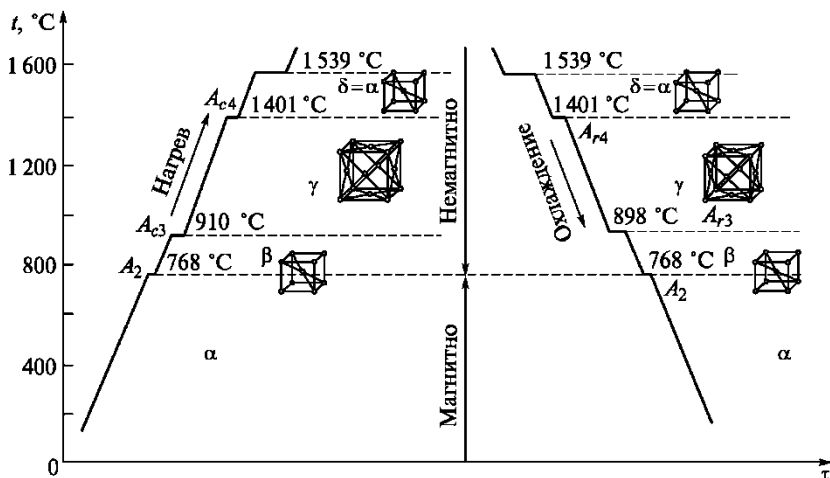
9. Коррозия үрдісі қалай анықталады?

4 - Т А Р А У

ТЕМІРДІҢ КӨМІРТЕГІМЕН ҚОРЫТПАЛАРЫ

4.1. Темір — цементит жүйесінің күй диаграммасы

Жалпы мәліметтер. *Темір* — күміс-ақ түсті жұмсақ металл. *Таза темір* 99,99 % Fe қамтиды, темірдің техникалық сорты — 99,80...99,91 % Fe. Темірді балқыту температурасы 1539 °C. 768 °C температурасына — *Кюринүктесіне* (A_2) дейін — темір магнитті қасиеттерге ие, ал осы температура кезінде оларды жоғалтады. Темірде екі аллотропиялық модификациясы бар: торымен КОТ Fe_{αс} және торымен ҚОТ Fe_{γс} (4.1-сурет). α-темір 911 °C төмен және 1401 °C жоғары температураларда болады. 911... 1401 °C температуралар интервалында γ-темір болады. Таза металл өнеркәсіпте кеңінен қолданылмайды. Техникада *темірдің көміртегімен қорытпалары* қолданылады, олардың құрылымы темір — көміртегі күй диаграммасымен суреттеледі.



4.1-сурет. Темірдің сыни межелері:

A_{c3} , A_{c4} — қыздыру және салқындату кезінде ферриттің аустенитке полиморфты айналуы; A_{c4} , A_{c4} — қыздыру және салқындату кезінде аустениттің 5-ферритке өтуі

Көміртекті 6,67 % камту кезінде Fe_3C стехиометриялық формуламен химиялық қосылыс құрылады. Бұл *цементит* деген атауды алған темір карбиді, ол 850 HV дейін жоғары қаттылыққа ие. 2-бөлімде айтылғандай химиялық қосылысты құрайтын құрамдауыштармен күй диаграммасы құрамдауыш — химиялық қосылыс жүйесі шегінде жиі қарастырылады, онда химиялық қосылыс құрамдауыш рөлін ойнайды (2.26-суретті қараңыз). Химиялық қосылыс — цементитті алу сәтіне дейін диаграмма жасалған (4.2-сурет), себебі оны *темір — цементит жүйесінің күй диаграммасы* ($\text{Fe}—\text{Fe}_3\text{C}$) деп жиі атайды. Диаграмманы осындай шектерде қарау өнеркәсіпте көрсетілген мәннен аспайтын құрамында көміртегі бар қорытпалардың кеңінен қолданылуымен ақталған. Осы диаграмма термиялық өндеудің теориясы мен тәжірибесі үшін ерекше маңызды мәніне ие. Ол тепе-тең күйінде тұрған, яғни баяу салқындату немесе қыздыру нәтижесінде алынған қорытпалардың құрылымын сипаттайтынын еске салайық.

$\text{Fe}—\text{Fe}_3\text{C}$ жүйесінің күй диаграммасы. Жүйенің құрамдауыштары болып табылады (4.2-суретті қараңыз):

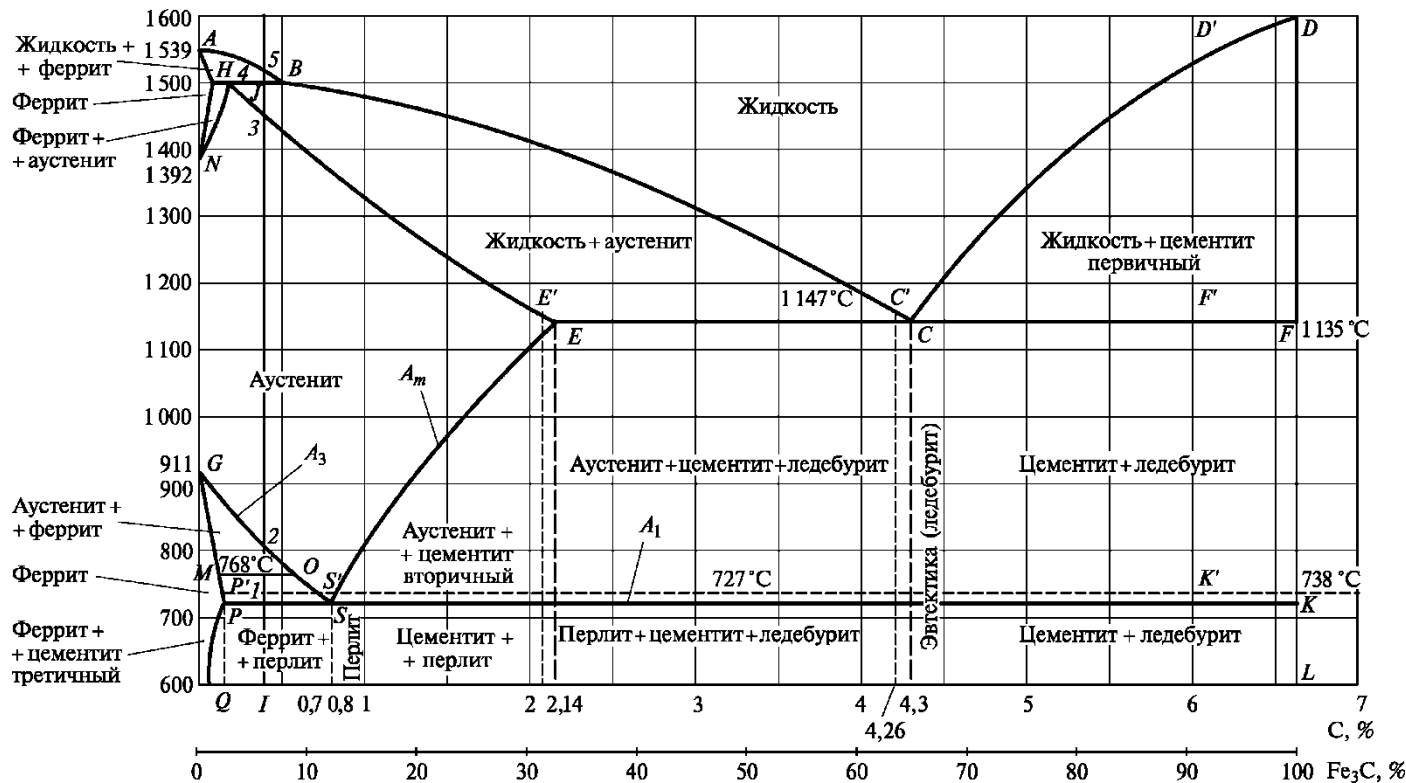
- *темір*; балқыту температурасы 1539 °C (диаграмманың A нүктесі), полиморфты айналу температурасы 911 °C (G нүктесі);
- *цементит*; балқыту температурасы 1560 °C (диаграмманың D нүктесі).

Цементиттің (Ц) химиялық қосылысынан басқа, темір көміртегімен қатты ерітінділер мен қоспаларды құрайды (2-бөлімді қараңыз), олар *фазалық және құрылымдық құраушылар* болып табылады.

Қатты ерітінділер. Феррит (Ф) — көміртегінің а-темірдегі қатты ерітіндісі, $\text{Fe}_a(\text{C})$ белгіленеді. Көміртегінің ферритте еруі өте төмен —

20 °С (диаграмманың Q нүктесі) кезінде шамамен 0,006 %, ол температура көтерілгенде өседі және 727 °С (диаграмманың P нүктесі) кезінде 0,02 % максималды мәніне жетеді. Ферриттің кристалдық торы — КОТ. Феррит — қатты енгізу ерітіндісі: көміртегі атомдары α -темір торының буын аралығында орналасады. Феррит магнитті және аса иілгіш. Ферриттің қаттылығы 80...100 НВ.

Аустенит (A) — көміртегінің γ -темірдегі қатты ерітіндісі, $Fe_{\gamma}(C)$ белгіленеді. Аустенит жоғары температураларда ғана болады — 727 °С және одан да жоғары. Көміртегінің аустенитте еруі жоғары — 727 °С шағын температурада 0,8 % (диаграмманың S нүктесі). Ол температура көтерілген кезде өседі (ферритте секілді) және 1147 °С температурада 2,14 % максималды мәнге жетеді (диаграмманың E нүктесі). Аустениттің кристалдық торы — КОТ. Аустенит — қатты енгізу ерітіндісі. Аустенит магнитті емес, оның үлестік көлемі ферритке қарағанда жоғары атомдық тығыздылығы салдарынан аз (2-бөлімді қараңыз). Аустениттің қаттылығы шамамен 200 НВ.



4.2-сурет. Темір — цементит қорытпасының күй диаграммасы

Цементит, феррит және аустенит бір фазалық құрылымдық құраушылар болып табылады.

Қоспалар. 1147 °C температурада 2,14 % көміртекті қамтитын қорытпаларда және одан да сұйық күйінде *эвтектика* құрылады (2-бөлімді қараңыз). Эвтектикалық айналу тұрақты температурада жүреді. Эвтектикалық айналу кезінде үш фаза біруақтылы жүретінін еске сала кетейік: сұйық және екі қатты, яғни еркіндік дәрежесінің саны $C = 0$.

Fe — Fe₃C жүйесіндегі эвтектикаледебурит(Л) деп аталады, ол аустенит пен цементиттің қоспасын білдіреді. Ледебурит тұрақты құрамдағы сұйықтықтың кристалдануы кезінде құрылады (4,3 % C). ледебуриттің құрылуымен эвтектикалық айналу $J_3 \wedge L[A_{2,14} + C_{67}]$ формуламен жазуға болады. Сандар айналу сәтінде тиісті фазаларда көміртегінің қамтылуын білдіреді: оның аустенитте қамтылуы 2,14% тең, диаграмманың E нүктесіне сәйкес келеді, көміртегіні цементитте қамтуы 6,67 %—F нүктесі. 1147 °C температурада конода ECF диаграмманың сызығымен сәйкес келеді. Ледебурит жоғары қаттылыққа ие (550 НУ), өте нәзік.

727 °C температурада 0,02 % және одан да артық көміртекті қамтитын қорытпаларда аустенит феррит және цементит қоспасына айналады, бұл ретте осы фазалар біруақтылы бөлінеді. Осылайша, айналымда барлық үш фаза біруақтылы қатысады, яғни ол тұрақты температурада жүреді. Қатты ерітіндіден осындай айналым бастапқы фазасы — сұйық болатын эвтектикалықтан өзгеше *эвтектоидті* деген атау алды. Алынған қоспа жалпы жағдайда *эвтектоид* деп аталады.

Fe — Fe₃C жүйесінде эвтектоид перлит (П) деп аталады. аустениттің перлитке айналу процесі мына формуламен жазуға болады: $A_{0,8} \wedge P[\Phi_{0,02} + C_{67}]$. Ферритте көміртекті қамту P нүктесіне, цементитте — диаграмманың K нүктесіне сәйкес келеді.

Түпкілікті салқындатудан кейін, яғни бөлмелеік температурада қорытпалардың құрылымын анықтайтын Fe— Fe₃C жүйедегі айналымдарды қарастырайық. Көлденең ECF және PSK желілерінде болған өзгерістер бұрынырақ қаралды — бұл эвтектикалық және эвтектоидті айналымдар. Осылайша, қорытпалардың құрылымында 2,14% астам C (E нүктесінің оң жағында жатыр) құрамында ледебурит; 0,02% астам C (P нүктесінің оң жағында жатыр) — перлит.

Диаграмманың көлбеу сызығы маңызды: DC, ES, PQ, барлығы сұйық, аустенит және феррит құрамында көміртектің шектеулі ерігіштігін көрсетеді.

Демек, көміртегі мөлшері 4,3% асатын қорытпаларды салқындату кезінде, DC желісіне сәйкес келетін температураға жеткенде цементит сұйық фазада көміртектің ерігіштігі төмендеуіне байланысты босатылады. Бұл цементит ($C^{\wedge}$ *бастапқы* деп аталады. Бастапқы цементит кристалдары үлкен болып табылады, олар өсуіне кедергі келтірмейтін сұйықтықтан босатылады.

ES желісінің оң жағында орналасқан қорытпалар салқындатылған

кезде аустенит құрамындағы көміртегі температурасының төмендеген температурасы төмендегеннен кейін *екінші* (Π_{II}) деп аталатын цементит шығарылады. Аналогия бойынша, ферриттен босатылған цементит (PQ желісі) *үшінші* (Π_{III}) деп аталады.

4.2. Темір — цементит жүйесінің қорытпалар құрылымы

Құрылымдық ерекшеліктерге сәйкес қорытпалар келесідей бөлінеді.

Техникалық таза темір. Бұл құрамында кемінде 0,02% С қамтитын қорытпалар, олардың құрылымында перлит жоқ. Бұл жағдайда 0,006% кем көміртекті (Q нүктесі) құрамындағы қорытпалар бір фазалық және таза феррит құрылымына ие (4.2-суретті қараңыз). Алайда мұндай тазалықтың металын алу өте қиын. Іс жүзінде, қорытпалар құрамында феррит пен цермент цементтен тұратын 0,01 ... 0,02% көміртегі құрамы пайдаланылады - бұл *техникалық таза темір* (4.3-сурет).

Болат. Бұл 0,02, 2,14% С қамтитын қорытпалар. Олардың құрылымында перлит бар, бірақ ледебурит жоқ. 0,8% кем көміртекті құрамы бар *эвтектикаға дейінгі*, 0,8% — *эвтекоидты*, 0,8% — *эвтектикадан кейінгі* деп аталады. Олардың құрылымы тиісінше феррит + перлит, перлит, перлит + цементит қайталама (4.4-сурет)

Шойын. Бұл қорытпалар 2,14% астам С қамтиды. Олар эвтектика - ледебурит қатысуымен болаттардан құрылымдық ерекшеленеді. 4,3% кем С болатын *эвтектикаға дейінгі*; 4,3% С — *эвтектикалық*, 4,3% астам С — *эвтектикадан кейінгі*.

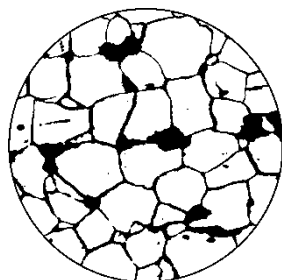
Шойынның құрылымы 727.1147 ° С температура интервалында:

- *эвтектикаға дейінгі* — аустенит + ледебурит + екінші цементит. Соңғысы аустенитте көміртектің ерігіштігі төмендеуіне байланысты, ол ES диаграммасының сызығына сәйкес келеді (4.2-суретті қараңыз);

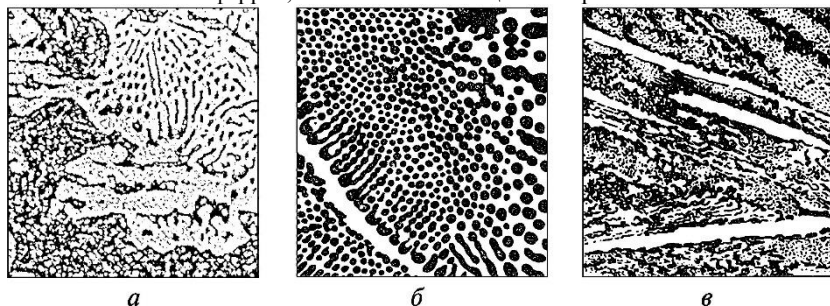
- *эвтектикалық* — ледебурит;
- *эвтектикадан кейінгі* — цементит (алғашқы) + ледебурит.

727 ° С (PSK желісі) температурасында көміртектен шығатын аустенит 0,8% дейін (S нүктесі) перлитке айналады. Бұл айналымды аустенит құрылымдық еркін (эвтектикаға дейінгі шойында бар) түрде және ледебурит құрамында кіретіндей ұшырайды.

4.3-сурет. Техникалық таза темірдің микроқұрылымы



а — доэвтектоидная сталь (феррит + перлит); б — эвтектоидная сталь (перлит); в — заэвтектоидная сталь (перлит + вторичный цементит); светлая составляющая — феррит; темная составляющая — перлит



а

б

в

4.5-сурет. Ақ шойынның микроқұрылымы:

а — эвтектикаға дейінгішойын (перлит + ледебурит + екінші цементит); б — эвтектикалықшойын (ледебурит); в — эвтектикадан кейінгі шойын (ледебурит + бастапқы цементит)

Осылайша, аустенит пен цементит қоспасынан тұратын 727°C жоғары температурада ледебуритаустенитті ($\text{Л}_\text{А}$) деп аталады, төмен температурада ол перлит пен цементиттен тұрады және перлитті ($\text{Л}_\text{П}$) деп аталады. Шойынның құрылымы 4.5-суретте келтірілген. Шойындағы көміртегі тек цементте ғана емес, графит түрінде де еркін күйде болуы мүмкін (7-тарауды қараңыз).

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. $\text{Fe}_\text{а}$ и $\text{Fe}_\text{в}$ немен ерекшеленеді?
2. Қорытпалардың қандай топтарын темір — көміртекті жүйесінде бөлуге болады?
3. Техникалық таза темір, болат, шойын типтегі қорытпалардың құрылымдық ерекшеліктерін атаңыз. Осы қорытпалардағы көміртектің камтылуын көрсетіңіз.

ТЕРМИЯЛЫҚ ӨНДЕУ

5.1. Термиялық өңдеу туралы ұғым

5.1.1. Термиялық өңдеу принциптері

Термиялық өңдеудің мақсаты—металлдың қажетті құрылымын дайындау кезінде қажетті қасиеттер (механикалық, физикалық, химиялық) кешенді дайындамадан немесе бұйымнан алу. Мәселен, оның мақсаты — материалдың мөлшері мен пішінін өзгертуге емес, материалдың қасиеттерін өзгерту —термиялық өңдеу басқа технологиялардан (күю, дәнекерлеу, басу және кесу) ерекшеленеді.

Болаттардың да, шойындардың да термиялық өңделуі негізделеді:

- полиморфты (а о у)-айналу;
- көміртектің аустенитте және ферритте түрлі еруі;
- түрлі қасиеттерге ие құрылымдарды алу мақсатында диффузиялық процестерді басқару.

Термиялық өңдеу жұмсартқыш, қатайтқыш, тұрақтандырушы болуы мүмкін, сондай-ақ арнайы мақсаттарға ие болуы мүмкін (7-тарауды қараңыз).

Жұмсартқыш өңдеуді қажетті технологиялық қасиеттерді дайындамаға беру үшін жүзеге асырады (мысалы, материалдың төмен кернеулігі мен беріктігі кезінде кесумен өңделуі жоғары болады); *беріктендіргіш* — бұйымның қажетті пайдалану қасиеттерін алу; *тұрақтандыру* — құрылымды және осылайша, бөлшектердің пішіні мен өлшемін тұрақтандыру.

Болат пен шойыннан жасалған бұйымдар мен дайындамалар ұшрайтын негізгі операциялар — қыздыру, шыңдау және жұмсарту.

Қыздыру температурасы белгілі бір температураға дейін термиялық, бұл температурада изотермиялық ұстамдылықтан, белгілі бір жылдамдықпен салқындатудан тұрады.

Fe—Fe₃C жүйесі қорытпаларының — болат және шойынның айналу жарытылысы —қыздыру және салқындату кезінде бірдей болғандықтан, бұл өзгерістер болаттардың мысалы ретінде қарастырылады.

5.1.2. Болаттың қыздыру кезінде айналуы

Құрылымның (фазалық құрамның) өзгеруі, яғни қорытпалардың *сыни нүктелерге*—фазалық түрленулердің температураларына қызған кезде пайда болуы. Термиялық өңдеу кезінде болатты және шойын қыздыру режимдерін анықтайтын температура.

Fe-Fe₃C күй диаграммасына сәйкес (4.2-суретті қараңыз), біз мынадай сыни нүктелерді таңдаймыз:

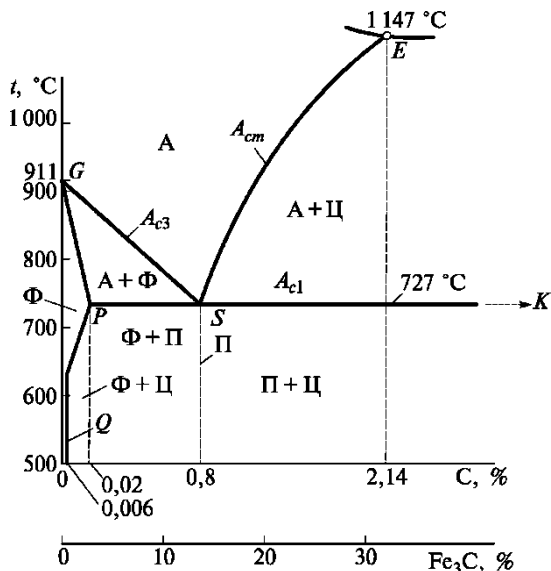
- A_1 — PSK сызығындағы нүктелердің геометриялық орналасуы, яғни барлық қорытпалар үшін бұл температура бірдей — 727°C. Бұл температураға дейін қызған кезде *перлит аустенитке айналады*;

- A_3 — GS сызығындағы нүктелердің геометриялық орналасуы, осы температураға дейін қызған кезде, ферриттердің аустенит ұштарына полиморфтық түрлендіруі. Әр түрлі қорытпалар (болаттар) үшін бұл температура бірдей емес, көміртектің мөлшері артады;

- A_m — SE желісіндегі нүктелердің геометриялық орналасуы, осы температураға дейін қызған кезде цементиттің аустениттееруі аяқталады (қыздырылған кезде аустенит көміртегі ерігіштігі артады). Әртүрлі қорытпалар (болаттар) үшін бұл температура бірдей емес, көміртектің мөлшері жоғарылаған сайын өседі.

Айналым температурасы (сын нүктелері) іс жүзінде диаграммада келтірілген тепе-теңдік температураларынан біршама ерекшеленеді: қыздырылған кезде олар бірнеше жоғары, салқындату - төмен. Салқындату және қыздыру кезінде сыни нүктелерді ажырату үшін олар индекстермен қосымша белгіленеді: *c* қыздыру кезінде (A_{c1} , A_{c3} , A_{ct}) және салқындату кезінде (A_{r1} , A_{r3} , A_m).

Fe—Fe₃C диаграммасының болат бұрышын қарастырайық (5.1-сурет). Перлит аустенитке ($P[F + C] \rightarrow A$) өте баяу қыздыруға айналуы 121°C температурада аяқталуы мүмкін, яғни, Fe — Fe₃C диаграммасына толық сәйкес келеді

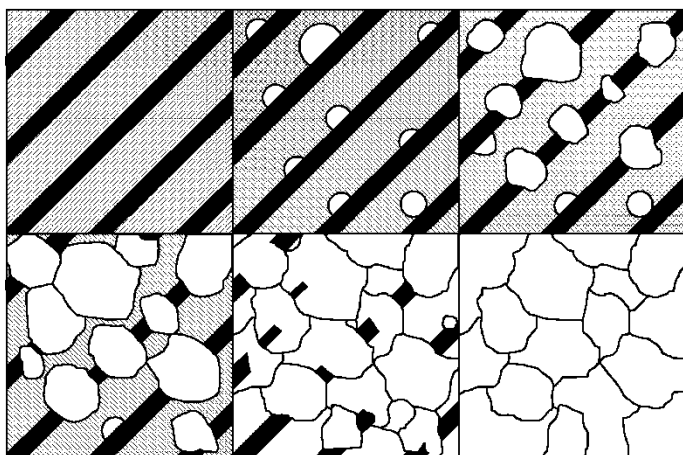


5.1-сурет. Темір — цементит жүйесі күй диаграммасының болат бұрышы

Бұл процесс кристалдық торды өзгерту немесе қайта кристалдану жолымен ферриттен кристалдардың ұрықтарының құрылуы (бастапқы КОТ ферриттің торы, соңғы ҚОТ аустениттің торы), олардың одан әрі өсуі және цементиттің аустенитте еруі нәтижесінде өтеді. Бұл трансформация диффузиялық сипатқа ие және көміртегі атомдарының ауыстыруымен бірге жүреді.

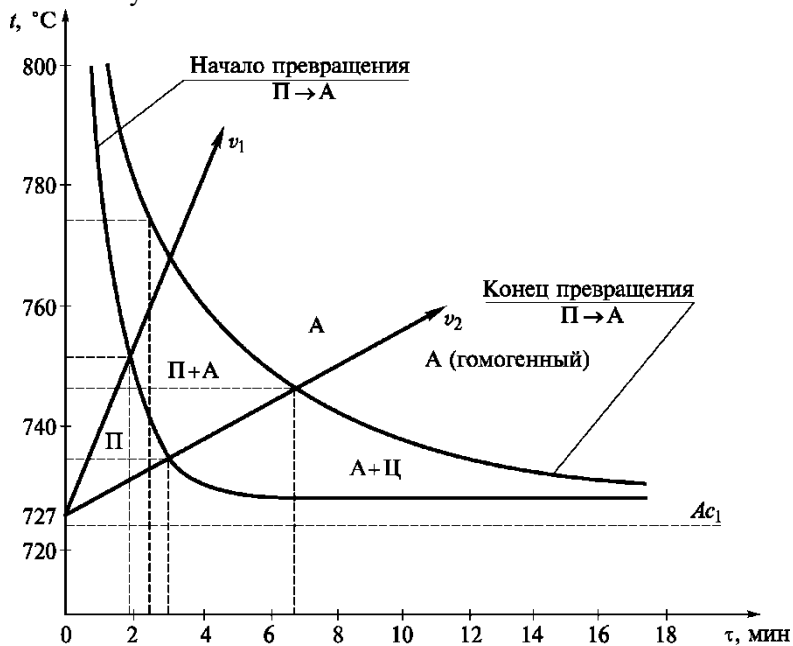
Аустенит ұрықтары феррит пен цементит кристалдарының шекарасында пайда болады (5.2-сурет). A_{c1} нүктесіне қатысты қызып кету дәрежесінің артуымен аустенитке перлит түрлендіру жеделдетіледі (5.3-сурет). Осылайша, температура 140-дан 800° С дейін өсуі аустенит ұрықтарының пайда болу жылдамдығының шамамен 280 есе артуына және олардың өсу қарқыны шамамен 80 есеге артуына алып келеді. Айналым процесінің аяқталуы аустенит қалыптасуымен және перлит жоғалуымен сипатталады. Жаңа құрылған аустенит тіпті бір астық көлемінде әрқелкі. Цементит пластинкалары пайдаланатын жерлерде көміртекті құрамы феррит пластинкалары бар жерлерге қарағанда әлдеқайда жоғары.

Біртекті (гомогендік) аустенит алу үшін болатты A_{c1} жоғары қыздырып, диффузиялық процестерді аяқтау үшін төзімділік беру қажет. Аустенитке перлитке айналу жылдамдығы тек қыздыру температурасына ғана емес, сондай-ақ цементит пен оның пішініне байланысты. Цементит бөлшектерінің кішігірім бөлігі, перлит аустенитке жылдамырақ айналады.



сүр. 5.2

5.2-сурет. Қыздыру кезінде перлиттің аустенитке айналу схемасы



5.3-сурет. Перлиттің аустенитке айналу жылдамдығының қыздыру температурасына әсер ету:

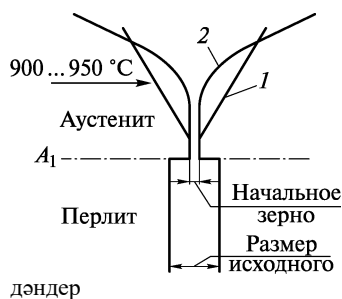
t — температура; t — уақыт; А — аустенит; П — перлит; Ц — цементит; v_1 и v_2 — қыздыру жылдамдығы; A_{c1} — сыни нүкте (Кюри нүктесі)

Эвтектикаға дейінгі болаттар ($C < 0,8\%$) феррит пен перлиттен тұратын бастапқы құрылыммен қыздырылған кезде келесі құрылымдық

өзгерістер орын алады. 727°C температурасында перлит аустенитке айналады. Бұл жағдайда аустенит пен ферриттің екі фазалық құрылымы сақталады. Кейінгі жылыту кезінде феррит аустенитке айналады, ол A_{c3} сыни нүктесіне сәйкес келетін температураға жеткенде, яғни GS желісінде аяқталады (4.2-суретті қараңыз).

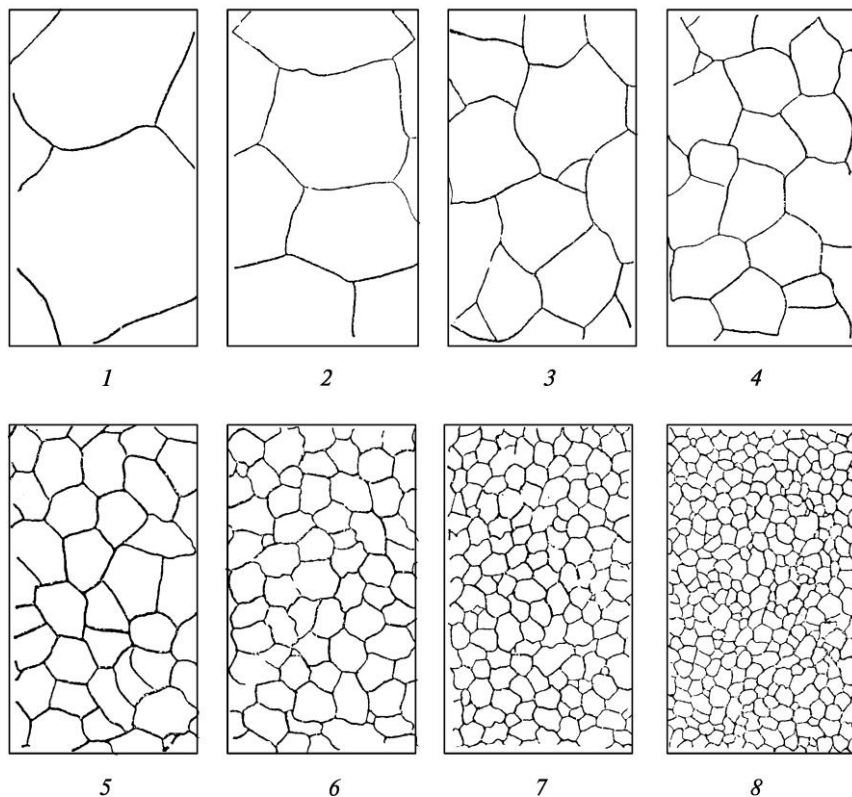
Эвтектикаға дейінгі болаттарда ($C > 0,8\%$) A_{c1} (727°C , PSK желісі) қызған кезде перлит аустенитке айналады. Сонымен қатар, осы температурада цементит аустенитке (SE сызығына сәйкес) еруі басталады, ол A_{ct} сыни нүктесіне сәйкес келетін температурада, яғни SE желісінде аяқталады.

Аустенит дәндері перлит дәндерінің шекарасынан өтеді. Бұл шекаралар ұзақтығы үлкен, сондықтан перлит аустенитіне айналу көптеген ұрықтардың пайда болуынан басталады, нәтижесінде, түрлену аяқталғаннан кейін кіші өлшемдегі аустенит дәндерінің көп саны қалыптасады (2.7-кіші бөлімді қараңыз).



5.4-сурет. Қыздыру кезінде болат дәндерінің өсу схемасы:
1 — тегі ұсақ дәнді болат; 2 — тегі ірі дәнді болат; A_1 — перлиттің аустенитке айналу температурасы

Аустенитикалық дәннің мөлшері өзгерістің аяқталуы бойынша **Таблица 5.2**
 бастапқы аустенит дәнінің мәнін анықтайды. Одан әрі жылыту немесе
 ұстау аустенитикалық дәннің өсуіне әкеледі.



5.5-сурет. Болат дәндерінің ірілілік шкаласы ($100\times$): 1 — 8 — дәннің
 түйіршілік балдары

Осы немесе термиялық өндеудің нәтижесінде алынған дәннің мөлшері *нақты дәннің мөлшері* деп аталады.

Болаттардың екі типі болады: тегі ұсақ дәнді және тегі ұсақ ірі дәнді. Осы жағдайда түп негіздік — бұл аустенитті дәннің өсуіне байімділігі.

Тегі ұсақ дәнді болаттар қыздырғанда аустенитті дәннің өсуіне шағын бейімділігімен, *тегі ұсақ ірі дәнді*, керісінше — жоғары бейімділігімен сипатталады (5.4-сурет).

A_{cl} сыни нүктесінен өтіп жатқанда, шағын дәні бар аустенит құрылымын аламыз. Кейінгі қыздыру кезінде, ұсақ дәнді болаттан жасалған аустенит дәні 950 ... 1000 ° С температураға дейін көтерілмейді. Ірі дәнді болатта дәннің өсуі сыни нүктеге жақын температурада басталады.

Тәжірибеде тегілік дәнділікті *дәнділік шкаласы* бойынша айқындайды (5.5-сурет). Ол үшін болатты тегі ұсақ дәнді болаттарда дән өспейтін, ал ірі дәнді болаттарда өсетін температураға дейін қыздырады (930 °С), ал салқындатудан кейін дәннің мөлшерін анықтайды. Ұсақ дәнді болаттарда дәннің мөлшері 5-тен 8-ге дейін, тегі ірі дәнді болаттарда 1-ден 4 баллға дейін

Болаттың пайдалану қасиеттері нақты дәннің мөлшерімен анықталады. Болаттың ірі дәні қаттылыққа әсер етпейді, бірақ беріктігі мен қатаңдығын азайтады.

Кейбір технологиялық қасиеттер, керісінше, текті дәнмен анықталады. Осылайша, болат аса иілгіштікке болған кезде, тегі ұсақ дәнді болат аса жоғары температурада жұқартуға (соғуға) болады. Тегі ұсақ дәнді болат термиялық өндеу кезінде анағұрлым технологиялылық — онда шыңдау температураларының анағұрлым кең интервалы, сондықтан осындай болат қайта қыздыруға бейімді емес (5.4-суретті қараңыз).

5.1.3. Салқындату кезінде болатқа айналу

Термиялық өңделуіне байланысты болаттардың және шойынның қыздыру режимдері темір—цементит диаграммасымен анықталады. Бұл шексіз көп мөлшерлі қорытпалар үшін жасалған диаграмма олардың құрылымдарын тепе-теңдік күйінде сипаттайды, яғни өте баяу қыздыру мен салқындату нәтижесінде алынған. Осылайша, Fe—Fe₃C жүйесі қорытпаларының құрылымы мен қасиеттеріне өте маңызды әсер ететін жылу жылдамдығы, ең бастысы салқындатқышты есепке алмайды. Түрлі салқындату жылдамдықтарында алынған құрылымдар аустенит *изотермиялық айналу диаграммасы* арқылы сипатталады (5.6-сурет).

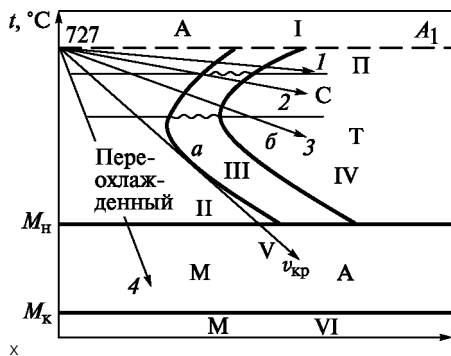


Таблица 5.2

5.6-сурет. Эвтектоидті болат аустенитінің изотермиялық айналу диаграммасы (0,8 % C)

Бұл диаграмма t немесе lgt координаттарында жасалған, сол композицияның қорытпасы (болат) үшін температурасы t . Осылайша, әрбір болат үшін бұл диаграмма өзінің жеке түріне ие.

Эвтектоидті болат үлгісінде түрлі жылдамдықтармен салқындату барысында аустениттің айналуын қарастырайық (0,8 % С, 5.6-суретті қараңыз). Айналымдар механизмі бойынша оларды перлитті, бенитті және мартенситке бөлуге болады.

Перлитті айналым аустениттің феррит пен цементитке ыдырайды $A_{08} \rightarrow P_{08}[\Phi_{002} + \Pi_{667}]$, ол баяу салқындату барысында өтеді (5.6-суретті қараңыз).

A_1 жоғары температурада (I диаграммасында I аймағы) аустенит - тепе-теңдік фазасы болып табылады яғни осы температурада бұл құрылым шексіз өзгеріссіз қалады. A_1 температурасында аустенит пен перлит тепе-теңдікке ие.

Аустенитті перлитке айналдыру үшін перлиттың еркін энергиясы аустенитке қарағанда аз болуы үшін кейбір салқындатуды қажет етеді. Осылайша, температура A_1 (II аймағына) төмен түссе, аустенит тұрақсыз, салқындатылған болады және белгілі бір уақыттан кейін оның феррит-цементит құрылымына ыдырауы басталады.

Шағын салқындату кристаллизация параметрлері (кристаллизация орталықтары мен олардың өсу жылдамдығы) өте төмен, сондықтан трансформация жеткілікті ұзақ уақыт өткеннен кейін басталады. Осындай әсер әсіресе қатты сіңіру кезінде пайда болады (2.14 суретті қараңыз). Бұл кристалданудың ең жоғары жылдамдығы (яғни, $A \cdot n$ түрлендіру) белгілі бір аралық (орта) деңгейдегі сіңіру деңгейімен жеткізіледі.

Басқаша айтқанда, ыдыраудың басталу қисық сызығы (диаграммадағы а қисық сызық) уақыт координаты болуы керек - С тәрізді. Шынында да, 550 ° С температурасында өте салкындатылған аустенит тұрақтылығының ең төменгі деңгейімен жеткізіледі. Бұл температурада салкындатылған аустениттің болу ұзақтығы минималды,

көміртекті болаттар үшін - 1 ... 2 с. Ұқсас пішіні түрлендірудің қисық сызығына ие (б қисығы). Бұл қисықтардың пішіні изотермиялық трансформация диаграммасының екінші атауын анықтады — С-тәрізді диаграмма.

Аймақтың диаграммасында бірінші қисықтың сол жағында салқындалатын аустенит бар (5.6-суретті қараңыз).

Ол бастапқы және аяқталу қисық айналу арасындағы ыдырайды — бұл қисық сызықтар, олар аустенит, феррит пен цементит (III аймақ) үш фазаның бар аймағын шектейтін а және b қисығы. Аустенитті перлитке айналдыру кезінде диффузиялық және диффузиялық емес процестер орын алады.

Диффузия процестері, алдымен, аустениттен цементит окшаулауында, екіншіден, олардың өсуінде. Аустениттен цементит окшаулауына байланысты көміртегі концентрациясы азаяды ($A_{08} \wedge A_{002}$).

Көміртектің 0,02 % тең аустенитте қамту 727 °C кезінде көміртектің ферритте барынша еруіне сәйкес келеді — Fe — Fe₃C диаграммадағы Р нүктесі (4.2-суретті қараңыз), кристалдық ҚОТ торы ҚОТ өзгерістерімен аустениттің ферритке диффузиялық емес айналуы ($A_{002} \wedge \Phi_{002}$).

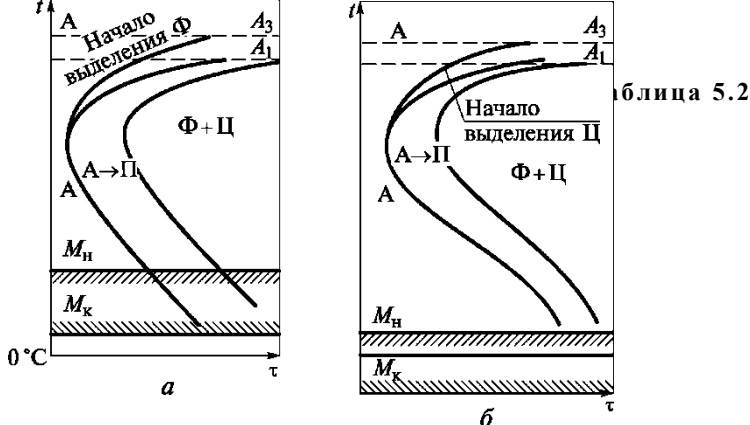
Салқындалу жылдамдығын өзгерту, яғни уақыт өте келе дамып келе жатқан диффузиялық процестерге ықпал ете аламыз, бірақ біз өте жоғары жылдамдықпен, дереу кезінде пайда болатын диффузиялық емес процестерді бақылай алмаймыз.

Диффузиялық үдерістің екінші сатысының — цемент кристалдарының өсуі (коагуляциясы) — бұл кристалдардың әртүрлі өлшемдерімен (әр түрлі дисперстілік) құрылымдарды алу мүмкіндігін азайтуға мүмкіндік береді. Осылайша, аустенит ыдырайтын өнімдерінің құрылымы мен қасиеттері айналу температурасына байланысты.

Айналу жоғары температура кезінде орын алған жағдайда, яғни 1 сәуле (5.6-суретті қараңыз) перлит деп аталатын феррит пен цементит қоспасының (оның кристалдарының өсіп-өнетін уақыты бар) қоспасы алынған, төменгі салқындалу жылдамдығы мен жоғары сіңіру деңгейі алынды. Бұл құрылым тепе-тең, сондықтан ол Fe—Fe₃C күйінің диаграммасымен сипатталады.

Айналым температурасының төмендеуі, демек, салқындалу үдеуі цементит кристалдарының (2 сәуле) кристалдардың аз өсуіне әкеледі, бұл *сорбит* деп аталатын жұқа құрылымның қоспасын қалыптастырады.

Айналымның тіпті төменгі температурасында троостит-дисперсиялық құрылымы (3-сәуле) құрылады. Осылайша, перлит, сорбит және троостит әртүрлі дисперсиялық феррит-цементит қоспалары (IV аймағы) болып табылады. Осы құрылымдардың цементиті пластиналық құрылымға ие.



5.7-сурет. Аустениттің изотермиялық айналу диаграммасы:

а — эвтектикаға дейінгі болат; *б* — эвтектикадан кейінгі болат

Феррит-цементит қоспаларының қаттылығы мен беріктігі жоғары, цементит құрылымы неғұрлым жіңішке және оның құрылысы неғұрлым көп таралған. Осылайша, 0,8% С болатқа арналған, перлит, сорбит және трооститтың қаттылығы шамамен 200, тиісінше 300 және 400 ГБ.

Аустениттің эвтектикаға дейінгі және эвтектикадан кейінгі болаттарға изотермиялық айналуы эвтектоидті болатқа айналумен ерекшеленеді. Жоғарғы температура диапазонында аустенит алдымен артық фазалардан босатылады: эвтектикаға дейінгі болаттардағы феррит пен эвтектикадан кейінгі цементит. Осы фазалардың оқшаулануы диаграммаларда қосымша сызықтарды сипаттайды (5.7-сурет). Дегенмен, асып кету фазаларын босату тек кішігірім салқындату деңгейінде ғана мүмкін болады; маңызды салқындату кезінде аустениттің ыдырауы олардың алдын-ала оқшауланусыз орын алады. Бұл жағдайда алынған феррит-цементит қоспасындағы көміртектің мөлшері эвтектоидтан өзгеше болады. Сутбит және эвтектоидты болаттардағы сорбиттің құрамында кем, ал гиперэтектоидте 0,8% астам көміртек.

Мартенситті айналу диффузиялық процесті толығымен жабуға болатын (цементиттің аустениттен бөлінуі), алайда диффузиялық емес (G^a)-айналым жүретін аса жоғары жылдамдықпен (4 сәуле) салқындату кезінде болады (5.6-суретті қараңыз). Мұндай өзгеріс *мартенсит* деп аталады, ал нәтижесінде пайда болған құрылым *мартенсит* деп аталады.

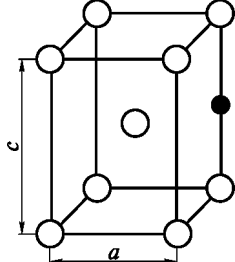
Мартенсит қандай болатынын диффузиялық айналу кезінде көміртегі бөлінбей аустенит ҚОТ торының а-темірдің ҚОТ торына қайта құрылуы ғана жүреді [$Fe_g (Q^a Fe_a(C))$]. Бұл мартенситте көміртегінің болуы ол бастапқы аустенитте сақталғанын, яғни оның а-темірдегі шектік ерігіштігі анағұрлым көп екенін білдіреді. Fe—

Fe_3C диаграммасына сәйкес бөлмелік температура барысында көміртегінің ерігіштігі 0,006 % құрайды —Fe — Fe_3C диаграммасының Q нүктесі (4.2-суретті қараңыз). Осылайша, мартенсит —*аз қаныққан, нәтижесінде α -темірдегі тепе-тең емес қатты ерітінді.*

Жоғары көміртектің құрамына байланысты темірдің кристалдық торы өте бұрмаланған. Мартценттің түтікшелі кристалдық торы бар, онда текше бірінен айырмашылығы с параметрі а параметрінен үлкен (5.8-сурет). К/а қатынасы тетрагоналылық дәрежесі деп аталады. Көміртектің мөлшері артып, тетрагоналылық дәрежесі артады (5.9-сурет).

Мартенсит қатты қаттылыққа ие, ол көміртегі мөлшерінің артуымен артады (5.10-сурет).

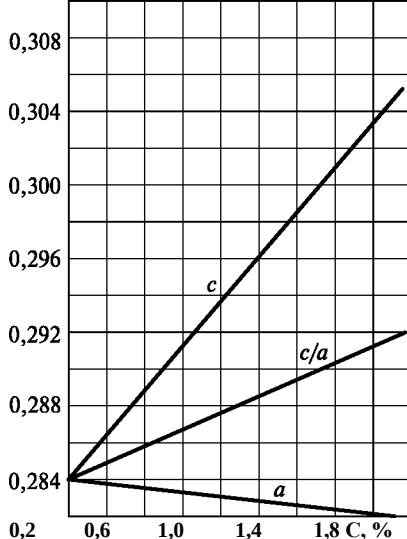
Диффузиялық процестерді тоқтатуды қамтамасыз ететін ең төменгі салқындату жылдамдығы $\Gamma_{\text{кр}}$ күрделі суыту жылдамдығы деп аталады. Графикалық түрде ол бірінші С-тәрізді қисыққа тәуелді болады (5.6 суретті қараңыз). Осындай және жоғары салқындату жағдайларында аустенит марцеситке перлит түріндегі конструкциялардың қалыптасуы арқылы айналады.



5.8-сурет. a жəнес
параметрлерімен
мартенситтің
тетрагондық
торы:

Q — темір атомдары;

• — көміртегі
атомдары



лица 5.2

5.9-сурет. Көміртегі
құрамындағы мартенсит
кристалдық торының кезеңдері
мен тетрагондық дәрежесінен
тәуелділігі: a жəнес— кристалдық
тор параметрлері

1,08 |

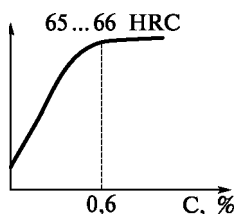
5

5

1,04

| I

1,00 £



5.10-сурет.
Мартенситтің
қаттылығына
көміртегінің
қамтылуына
тәуелділігі

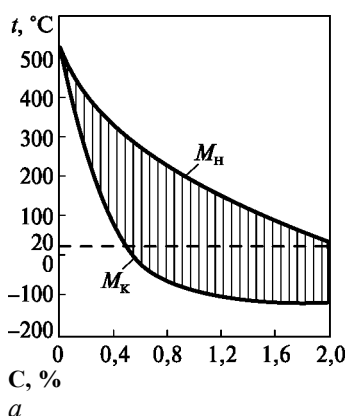
Аустенитті мартенситке айналдыру диаграммада V аймағына сәйкес келетін температура диапазонында орын алады (5.6-суретті қараңыз). *Мартенсит өзгерістің басталу температурасы* M_n арқылы белгіленеді; түрлендірудің соңы - M_k . Мартенсит өзгерістердің пайда болуы үшін $M_n - M_k$ температура ауқымында аустенитті үздіксіз салқындату. Егер салқындату тоқтаса, аустенит мартенситке айналады.

Мартенсит трансформацияның басы мен аяғының температурасы (M_n және M_k нүктелері) салқындату жылдамдығына байланысты емес және болаттың химиялық құрамымен анықталады. Болатта неғұрлым көп көміртегі және аустенитке қыздырылған кезде, бұл температуралар неғұрлым

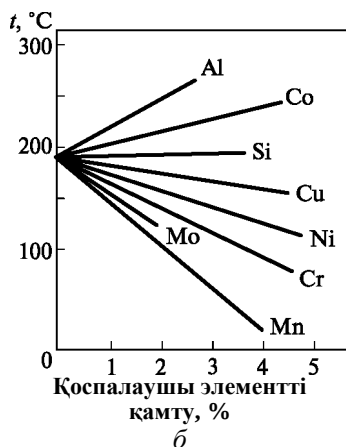
төмен (5.11, а-сурет). Кобальт пен алюминий қоспағанда, барлық легирленген элементтер M_n және M_k нүктелерінің температурасын төмендетеді (5.11, б-сурет). Температура 20°C -тан төмен болғанда (салқындату сұйылту кезінде шын мәнінде орын алатын цехтың температурасы) қатаюдан кейін құрылым құрылымы аустенит сақтайды, қалдық деп аталады.

Мартенсит өзгерісі кристалдық ядролардың өсу жылдамдығымен сипатталады, ол $1000 \dots 7000 \text{ м/с}$.

Мартенсит кристалдары, олар плиталар, әдетте 60 немесе 120° бұрышпен бағдарланған.



а



б

5.11-сурет. Мартенситті айналудың M_n басы және M_k аяғы температураларына көміртекті болатты қамтуына (а) және қоспаушы элементтердің M_n мартенситті айналу бастау температурасына әсер етуі (б)

Мартенсит тақталарының өлшемдері бастапқы аустенит ~~тәнінің~~ ^{тәні} бойынша анықталады. Аустенит дәні неғұрлым көп болса, соғұрлым мартенсит тақтасы соғұрлым үлкен болады. Бөлім жазықтықта, пластиналар инелер нысаны бар, микроскопта иненің құрылымы көрінеді.

Бейнитті (аралық) түрлендіру темір атомдарының диффузиясының айтарлықтай баяулаған кезде және көміртегі атомдары салыстырмалы түрде оңай жұмыс істейтін температураларда (салқындату жылдамдығы троостит қалыптасуымен салыстырғанда жоғары, бірақ мартенсит алу үшін жеткіліксіз) болып келеді. Перлитті және мартенситика түрлендірулердің сипаттамасы трансформацияға тән.

Аралық қайта құрулардың нәтижесінде қабатты үгіндіден тұратын көміртекті (төменгі көміртекті мартенсит) және цементитпен алмастыратын құрылым қалыптастырылады. Бұл құрылым *бейнит* деп аталды.

Құрылу температурасына қарай, *жоғарғы* және *төменгі* бейнит, тиісінше аралық қайта өзгерудің жоғарғы немесе төменгі аралық температурасында бөлінеді.

Өз құрылысы бойынша жоғарғы бейнит трооститке ұқсайды, төменгісі — мартенсит. Төменгі беріктігі мен иілгіштігі үстіңгіге қарағанда жоғары.

5.2. Күйдіру және қалыптандыру

Күйдіру. *Күйдірудің мақсаты* - кесу мен қысу арқылы жақсы өңдеу мүмкіндігін қамтамасыз ету үшін металды (дайындамалар) *жұмсарту*; ыстық пластиктің деформациясы, құю немесе дәнекерлеу барысында пайда болған құрылымдағы ақауларды түзету; осы әдістермен бланктерді дайындау кезінде туындайтын *қалдық кернеулерді жою*.

Жылытумен байланысты дайындамалар алу технологиялық үдерістері кезінде жеделдетілген салқындату кернеулердің пайда болуына және қаттылықтың ұлғаюына әкелетін тепе-тең емес құрылымның пайда болуына әкеледі. Бұл олардың икемділігін қысқартуға және икемділікті төмендетуге мүмкіндік береді. Жуындыру кезінде, қайтадан кристаллизация мүмкін, соның арқасында астықты ұнтақтау.

Машинажасауда *жыртылу алдын ала технологиялық операция* болып табылады, ол құйылған, соғылған, жалған және дәнекерленген бланкілер қысыммен жұмыс істеуге немесе салқындатуға ұшырайды. Алдыңғы емдеу құрылым мен қасиеттердің өзгеруіне (қатайтуға) немесе кернеулердің пайда болуына себеп болған (егер ұнтақтаудан кейін).

Металлургия өнеркәсібінде, болаттың технологиялық процесінде *соңғы термоөңдеу* болып табылады. Машина жасау кәсіпорындарына болат күйдірілген күйінде, яғни кесумен өңдеу үшін дайындалған

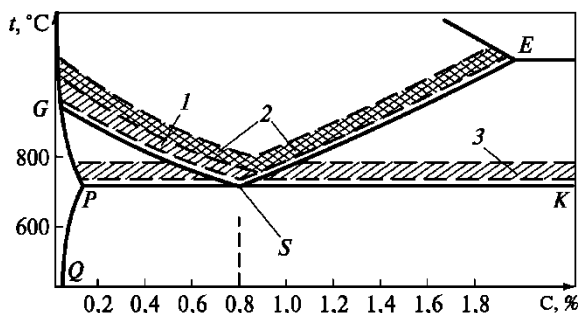
түрінде металлургтардан түседі.

1-ші және 2-ші түрлердің өршуі ерекшеленеді. Бірінші типтегі күйдіру кезінде, әдетте, фазалық өзгерістер болмайды (қайта кристаллизация) немесе соңғы нәтижеге әсер етпейді. Екінші түрдің өрнектелуі қыздыру мен салқындату кезінде фазалық қайта құрулар пайда болатын, бұл металл құрылымына елеулі әсер етеді.

Толық күйдіру (5.12-сурет) эвтектикаға дейінгі болаттар үшін қолданылады. Болат $A_{с3}$ температурасынан 30-50 ° C-қа дейін қызады (мұнда толық кристаллизация жүреді), ол осы температурада өзгереді және қайтадан баяу салқындатылады. Қыздыру кезінде ферритті-марганец құрылымы аустенитке айналады, содан кейін баяу салқындату кезінде аустенит феррит пен перлитке қайта айналдырылады. Осылайша алынған құрылымдар тепе-теңдік болып табылады, олар темір — эвтектит диаграммасымен сипатталады.

Толық өртеудің негізгі мақсаттары: алдын-ала өңдеу кезінде (күю, соғу), кесу алдында болаттың алдын-өңдеу (қаттылықтан кейін, болаттың беріктігі мен беріктігінің төмендігі) және қалдық кернеулерді жою кезінде пайда болған құрылымдық ақауларды жою.

Іс жүзінде жылу жылдамдығы әдетте 100 ° C / сағ, ал изотермиялық қартаюдың ұзақтығы жабылған бөліктердің беткейінің массасына байланысты. Жылыту температурасының $A_{с3}$ нүктесінен жоғары шамадан асып кетуі аустенит дәнінің ұлғаюына әкеліп соқтырады, бұл болаттың қасиеттерін нашарлатады.



5.12-сурет. Күйдіру және қалыптандыру температурасы:

1 — толық күйдіру; 2 — қалыптандыру; 3 — толық мес күйдіру

Баяу салқындату аустениттың феррит пен перлитке бөлінуін қамтамасыз етуі керек.

Қосындыланған

болаттаркөміртегіден

(150°200°С) қарағанда баяу салқындатылады (10°С100°С), өйткені бұл болаттардағы диффузиялық процестер кристалдық тордың бұрмалануына байланысты баяулайды (2.6.1 және 2.18 сурет қараңыз).

Толық емес күйдіру (5.12-суретті қараңыз) A_{c1} жоғары және баяу салқындатудан тұрады. Сонымен қатар, эвтектоидты болаттарда тек ішінара қайта кристалдану пайда болады — перлиттегі ферритқана полиморфтық өзгеріске ұшырайды.

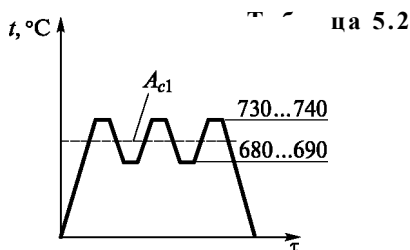
Толық емес күйдіру жеңілдету және механикалық өңдеуді жақсарту үшін алдын-ала эвтектоидты болаттарда толық емес жануды алдын-ала ыстық өңдеу өңделмеген түйірлердің пайда болуына әкеп соқтырмайды (басқаша толық күйдіру қажет).

Эвтектикадан кейінгі болаттардың толық емес күйдіру цементит қабырғасының бөлшектерінен гөрі түйіршікті перлит өндірісін қамтамасыз етуі керек. Мұндай күйдіру*сферидтаушы* деп аталады. Сфероидализациямен суыту аустенит тек феррит-карбид қоспасына ыдырауды ғана емес, сондай-ақ тұндыру карбидтерінің коагуляциясын (спироидизациясын) қамтамасыз ету үшін баяу болуы керек.

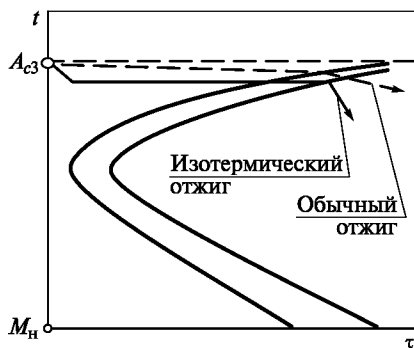
Бұл күйдіру A_{c1} — *маятникті қыздыру нүктесінің* маңында температураның мезгіл-мезгіл өзгеруімен жүзеге асырылуы мүмкін (5.13-сурет).

Пластиналық перлитке қарағанда дәнді құрылымы бар болат бірнеше артықшылыққа ие: олар қызып кетуді азайтады, су ағып кету кезінде сызаттар мен деформацияларды қалыптастырады, сондай-ақ кесу арқылы жақсы өңделеді.

Изотермиялық күйдіру көбінесе уақыт пен термиялық өңдеуді азайту мақсатымен жүзеге асырылады (5.14-сурет).



5.13-сурет. Сферидтаушы циклдық күйдіру схемасы



5.14-сурет. Изотермиялық күйдіру схемасы:

Бұл жағдайда болат қыздырылады, содан кейін жылдамдықпен салқындатылады (көбіне басқа пешке көшу арқылы) $A_{c1} 50 \dots 100^\circ \text{C}$ -тан төмен температураға дейін. Бұл температурада аустенит толық бөлшектелгенге дейін сақталады, содан кейін ол ауада салқындатылады.

Изотермикалық күйдіру көбінесе қосындыланған болаттар үшін қолданылады, себебі бұл процесс ұзақтығын қысқартады. күйдіруді жылдамдату үшін изотермиялық ұстамдылық температурасы перлитті аймақтағысалқындатылған аустениттың ең төменгі тұрақтылық температурасына жақын болуы керек (5.6-суретті қараңыз). Изотермиялық күйдіруден кейін біртекті құрылым алынады.

Металл беткі қабаттарының (суықтай болат, таспа, сым, шыбық, гальваникалық бөлшектер және т.с.с.) қышқылдануына және көміртексіздендіруге жол берілмесе, қорғаныш атмосферасы немесе вакуумдық пештері бар пештерде ашық күйдіру орындалады.

Қалыптандыру. Бұл операцияға болат ұшырайды. Бұл A_{c3} жоғары эвтектоидты болатты және гиперэвтектоидты $A^{\wedge}$ жоғары 50.60°C -тан жоғары температурада ұстап, одан әрі ауадағы салқындатуды жүзеге асырады (5.12-суретті қараңыз). Қалыптасқан кезде құйма немесе доғалдау арқылы алынған қылшықтағы құрылымды жоятын болатты қайта кристаллизациялау.

Ауадағы салқындату нәтижесінде аустениттың феррит-цементит қоспасына ыдырауы төменгі температурада болады, осылайша қоспаның дисперсиясы ұлғаяды, осылайша сорбит құрылымы алынады.

Болаттың құрамына байланысты қалыпқа келтірудің мақсаты әртүрлі. *Төмен көміртекті болат* күйдірудің орнына қалыпқа келтіріледі. Сонымен қатар, жабдықты пайдалану азаяды - салқындату пеште емес, ауада орындалады. Болаттың қаттылығы қатты жанудан гөрі жоғары, бірақ төмен көміртекті болаттар үшін оның мәндері бұрынғысынша төмен. Қалыптандыру өңдеудің тиімділігін іс жүзінде азайтпайды, бірақ кесу кезінде беттің сапасын жақсартады

Орташа көміртекті болаттар үшін қалыпқа келтірулер сұйылту мен жоғары температурамен немесе жақсартумен бірге қолданылады (5.3-кіші бөлімін қараңыз). Механикалық қасиеттері біршама төмен, бірақ өнімнің деформациясы суды сөндіру және жоғары температурада алу кезінде алынған заттармен салыстырғанда азаяды. Сонымен қатар, термиялық өңдеу өнімділігінің өнімділігі артады — екі операция орнына бір операция жасалады.

Жоғары көміртекті (эвтектикадан кейінгі) болат цементитті торды жою үшін қалыпқа келтіріледі (9.2.1-кіші бөлімін қараңыз).

Кейінгі жоғары температурамен ($600 \dots 650^\circ \text{C}$) қалыпқа келтіру құрылымды түзету және легирленген болаттардың кесу қиқымын жақсарту үшін жиі жанудың орнына қолданылады.

Күйдіру және қалыптандыру ақаулары. Ақаулар жылу режимдерінің бұзылуына байланысты (қызып кету немесе қызып кету, ұстау уақытын

бұзу, қолайсыз атмосферада қыздыру), сондай-ақ жедел қыздыру мен салқындату туындайды.

Егер жылыту өте жылдам болса, тек сыртқы қабаттардың жылулық кеңеюі орын алады, сондықтан өнімнің ортасында созылу кернеуі пайда болады, бұл сызаттардың пайда болуына себеп болуы мүмкін. Бұл ірі дайындамалар үшін ең қауіпті. Жарылудың пайда болу ықтималдығы жылу өткізгіштіктің нашарлығы және сызықтық кеңеюдің жоғары температура коэффициенті бар болаттардың қыздыруымен бірге артады. Бұл қоспалаушы элементтердің көп мөлшерін қамтитын болаттар (мысалы, коррозияға төзімді хром-никельді болаттар).

Тым көп күйдіру температурасы мен ұзақ уақытқа созылған экспозицияларда қатты күйдіру құрылымы құрылады, ол өте қызу құрылымы деп аталады. Қызып кету үлкен кристалды жылтырақ қисық сипатталады. Ол қайта кристаллизация, қалыпқа келтіру немесе жақсартумен (жоғары температурадағы температурадан сөндіру) жойылады.

Өте жоғары температурада өте қызып кетеді. Күйіп кеткенде, тек өте күшті астық өсімі ғана емес, сонымен қатар металдың астыңғы жағының бойымен балкуы мүмкін. Қызып кету— термиялық өңдеу арқылы жоюға болмайтын тойтарылмайтын ақау.

Металл бетінің сапасы жылу атмосферасымен анықталады. Кәдімгі пештің атмосферасы, әдетте, тотығу газдарының (оттегі, су буы, көмірқышқыл газы және т.б.) болуына байланысты тотықтырады. Мұндай атмосфера қабыршақтың пайда болуын мен көміртексіздендірудің тудырады. Көміртегі бар газдардың болуы - көміртегі тотығы, көмірсутектер - керісінше, бетінің көміртектендіруге тудырады.

Көміртексіздендіру көміртегі тотығудың (оттегімен әрекеттеседі) темірден бұрын еруіне байланысты. Егер тотығу жылдамдығы ішке кіретін көмірдің диффузия жылдамдығынан үлкен болса, қабыршақтың пайда болуы орын алады, өйткені бұл жағдайда оттегі де көміртегі мен темірді тотықтырады.

Бұйымдыкөміртексіздендіруден және қабыршақтың пайда болуынан қорғау мақсатында қорғаныш атмосферасы немесе вакуумды пештер пайдаланылады, ал олардың болмаған кезде жылуды балшық, қорапшамен немесе көмірмен немесе шойын құйылған шойынмен толтырылған құбырлармен тығыздалған контейнерлерді қолдану қажет.

5.3. Шыңдау

5.3.1. Шыңдау температурасын таңдау

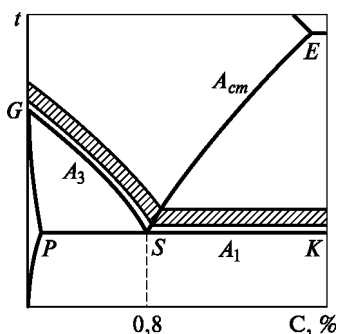
Шыңдау — қатайтылған термиялық операция. Қаттылық пен беріктігі мартенсит құрылымын алу арқылы қамтамасыз етіледі. Шыңдау соңғы операция емес. Осыдан кейін жұмсарту орындалады.

Шыңдау болаттың сыни нүктелерден жоғары температураны жылытудан, бұл температурада изотермиялық ұстап тұрады және мартенсит құрылымын алу үшін сыни мәннен асатын жылдамдықпен тез салқындатудан тұрады.

Перлит + ферритінің бастапқы құрылымымен алдын ала *эвтектикаға дейінгі болаттарды* сөндіруге арналған жылу (4.2 суретті қараңыз) A_{c3} жоғары температурада $30 \dots 50^\circ \text{C}$ температурасында жүргізіледі. Бұл жылыту кезінде болатта аустенит құрылымы болады (5.15 -сурет), содан кейін мартенсит құрылымы аса маңызды мөлшерден жоғары жылдамдықпен салқындағаннан кейін. Бұл *шыңдау толық* деп аталады.

A_{c3} төмен температурада қатайту, бірақ A_{c1} жоғары *толық емес* деп аталады. Мұндай қыздыру бүкіл көлемде аустенит өндіруді қамтамасыз етпейді, феррит құрылымда сақталады (5.15 -суретті қараңыз). Сондықтан құрылыста тез салқындағаннан кейін, аустениттен қалыптасқан мартенситпен қатар феррит болады. Мұндай құрылым ферританың төменгі қаттылығына байланысты қажетті қаттылықты қамтамасыз етпейді. Демек, эвтектикаға дейінгі болаттар толық қатаюға ұшырауы керек.

Температураның асып кетуі (A_{c3} жоғары $30, 50^\circ \text{C}$ жоғары) болатты қаттылықты арттырмайды. Бұл эвтектикаға дейінгі болаттың A_{c3} үстінен қыздырылған кезде, болатта бар барлық көміртекті мартенситпен сөндіргеннен кейін табылғанымен, сонымен бірге беріктігі үшін қаттылық барынша ұлғайтылғанымен түсіндіріледі. Сонымен қатар, температураның жоғарылауы аустенит дәнінің ұлғаюына, мартенсит пластиналарының көбеюіне және, осылайша, күштің төмендеуіне әкеледі



5.15-сурет. Эвтектикаға дейінгі және эвтектикадан кейінгі болаттың шыңдау температуралар интервалы:

A_{vA_3} , A_{cm} — айнарудың сыни нүктелері

Осылайша эвтектикадан ұшырайды.

Эвтектикаға дейінгі болаттарды тотықтыру үшін A_{cl} температурасынан $50, 70^\circ\text{C}$ дейін қызады. Осы температураларда цементит аустенитпен бірге болаттардың құрылымында сақталады (5.15-суретті қараңыз). Сондықтан эвтектикаға дейінгі болаттардың құрылымы: мартенсит және цементит, сондай-ақ қалдық аустенит.

Көміртектің жоғарылауы M_k температурасын төмендететінін еске салайық (5.11-суретті қараңыз). Қалыпты аустенит әрқашан қатайтылған эвтектикадан кейінгі болаттар құрылымында кездеседі.

Қыздыру A_{cl} температурасынан әлдеқайда жоғары, бұл негізсіз. Бұл астықтың өсуіне және қаттылыққа (қалдық аустенит мөлшерінің ұлғаюына байланысты) күштің төмендеуіне әкеледі. кейінгі болат толық емес шыңдауға

5.3.2. Суық өңдеу

Суық өңдеу құрылымнан қалдық аустенитті жою үшін орындалады. Оның қатысуы болаттардың қаттылығын азайтады, сонымен қатар, жүктемелердің әсер етуі кезінде аустенитті мартенситке немесе феррит-цементит қоспаларына түрлендіруге болады, бұл дәл бөлшектерге жол берілмейтін өлшемдерді өзгертуге әкеледі. Сонымен қатар, құрамында көміртегі бар $0,6\%$ асатын көміртекті болаттар және көп мөлшерленген (5.11-суретті қараңыз), мартенсит айналдыру нүктесі (M_k нүктесі) 20°C төмен және сөнгеннен кейін құрылымда қалдық аустенит бар.

Қалдық аустенитті жою немесе оның мөлшерін кеміту үшін, сөндіруден кейінгі болат теріс температураға дейін салқындатылады: яғни суық өңдеу жүргізіледі. Нәтижесінде мартенситті айналым қайта жаңғыртылады. Осылайша, суық өңдеу, негізінен, шыңдаумен салқындатудың жалғасы болып табылады.

Практикада, суық өңдеу емделушінің мөлшерін уақытында өзгертуге жол берілмейтін (калибрлер, өлшеу плиткалары, шарикті мойынтіректердің сақиналары және т.б.) нақты бөлшектерінің өлшемдерін тұрақтандыру үшін қолданылады.

Егер бөлшектерді қатайтқаннан кейін цехта ұзақ уақыт қалатын болса, суықтанудың әсері төмендейді. Бұл аустенитті тұрақтандыруға

әкеледі, ол суықпен өндеуде барлық қалдық аустенит мартенситке айналмайтындығын көрсетеді. Демек, суықпен өндеуден кейін дереу жүзеге асырылуы керек.

5.3.3. Шыңдау және төзімділік

Шыңдау және төзімділік болаттың маңызды технологиялық қасиеттері болып табылады.

Шыңдау — мартенсит пен қатты қаттылықтың қатайтылған құрылымын алу үшін болаттың қасиеті. Бекіту қабілеті, ең алдымен болаттан көміртектің құрамына байланысты.

Болатта неғұрлым көп көміртегі бар, сондықтан қатайтылғаннан кейін және мартенситпен соғұрлым қатты болады. Оның максималды мәні (65 ... 66 HRC) ол көміртегі концентрациясына 0,6-0,8% артық келеді (5.10 суретті қараңыз). 0,3% -дан астам көміртегі бар болаттарда, төменгі-көміртекті мартенсит пайда болады, ол қатты қаттылықты жоғалтпайды. Демек, өндірістік практикада 0,3% -дан астам көміртегі бар болаттар «қатайтылмайды» деп есептеледі; Мұндай көміртекті болаттардан жасалған бұйымдар жойылмайды.

Төзімділік—болаттың мартенситті (немесе трооститті-мартенситті) құрылымы мен беріктену кезінде белгілі бір тереңдікте қаттылығын алу мүмкіндігі.

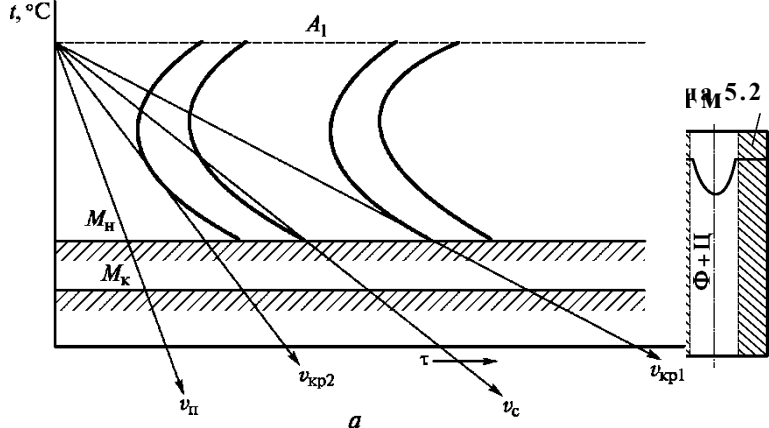
Болаттың беріктігі салқындатылған аустенит тұрақтылығына байланысты, демек, сыни салқындату жылдамдығына байланысты. Қызудың деңгейі неғұрлым жоғары болса, *сыни салқындату жылдамдығы* төменірек болады.

Салқындатылған аустениттың әртүрлі тұрақтылығы бар екі болатты (№1 және 2-ші болаттар) және әртүрлі сыни салқындату жылдамдықтарын қарастырайық $\dot{\alpha}_{кр1} < \dot{\alpha}_{кр2}$ (5.16, а-сурет). Біз осы болаттан жасалған бір секцияның екі бөлігін қатайтамыз; Суды сөндіру кезінде v_n бөлшектердің салқындату шарттары бірдей. Әрине, екі бөліктің ядросының салқындату жылдамдығы бетонның салқындату жылдамдығынан аз болады. Әрине, екі бет пен екі бөліктің бұйымдары бірдей жылдамдықпен салқындатылады.

№1 болаттан дайындалған бөлік барлық учаскеде мартенсит құрылымын (М) алады, өйткені $\dot{\alpha} > v_{RP1}$. №2 болаттан дайындалған бөлік белгілі бір тереңдікке тек мартенсит құрылымын алады, өйткені, $\dot{\alpha} > v_n$, яғни кристалдан жоғары жылдамдықпен, тек беті салқындатылады, ал өзек баяуырақ $\dot{\alpha} < v_n$ салқындатылады.

№1 болаттың беріктігі, яғни мартенсит құрылымы және болат бөлігінде біркелкі жоғары қаттылық болады. №2 болатта аустенит өзегінде феррит-цементит қоспасына ыдырайды (мысалы, троостит — F + C), сондықтан негізгі қаттылық бетіндегі қаттылықтан аз болады (5.16, б, в-сурет).

Болаттың қатаюы *сыни диаметрмен* сипатталады. Бұл орталықтың ішіндегі сұйытылғаннан кейін поли мартенситикалық аймақ алынатын -

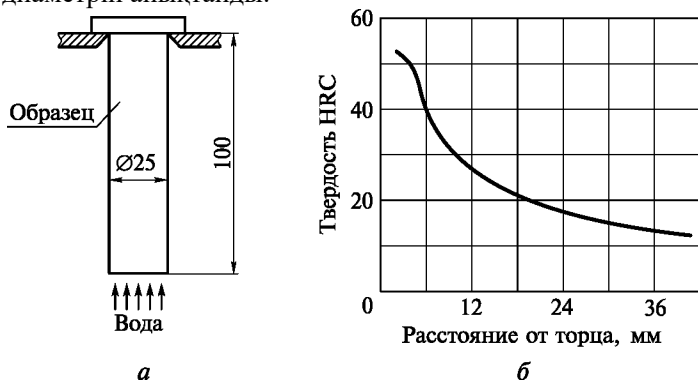


үлгідегі максималды диаметрі - мартенсит пен тростоттен тұратын құрылым. Қаттылықты анықтау үшін бет-жүзді әдісті қолданыңыз (5.17-сурет). Температураның температурасына дейін жеткізілетін стандартты үлгіні арнайы қондырғыда шашатындан (5.17-сурет, а) соңынан салқындатады. Салқындату жылдамдығы аяғынан қашықтыққа дейін азаяды, ал үлгінің ұзындығы бойынша құрылымы мен қаттылығы тиісінше өзгереді (5.17-сурет, б)

5.16-сурет. Болаттың төзімділігі және оның қаттылыққа әсер етуі:

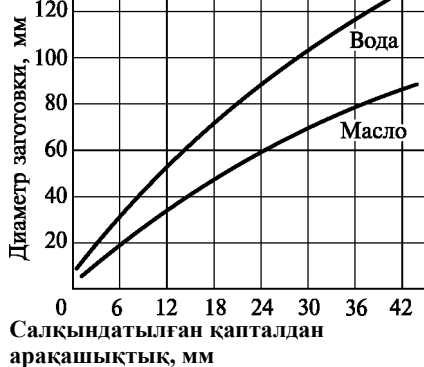
а — салқындатылған аустениттің тұрықтылығынан С-тәрізді диаграммалардың түрі; б, в — № 1 және 2 болаттың қиылысы бойынша қаттылықты тарату

Шыңдалған қабаттың тереңдігін анықтағаннан кейін, яғни номограммадан бастап, жартысынан мартенситтік аймаққа дейін қашықтық (5.18-сурет) суда және майда сөнген кезде болаттың сыни диаметрін анықтайды.

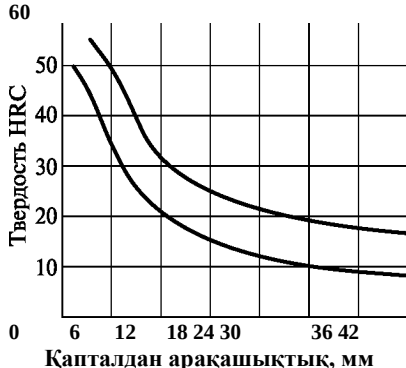


5.17-сурет. Қапталды шыңдау:

а — қапталды шыңдаудағы салқындату схемасы; б — өаптылдың арақашықтығына байланысты қаттылықтың өзгеруі



5.18-сурет. Болат төзімділігінің сыни диаметрін айқындау номограммасы



5.19-сурет. 0,4% С болаттың төзімділік жолағы

Жартылай мартенситтық аймақтың орналасу тереңдігі сынама бойымен шекарадан соң шеткіге дейін өлшенген қаттылыққа байланысты белгіленеді (5.6, 6-суретті қараңыз).

Өртүрлі балқымаларда бірдей болатты беріктендіру белгінің ішіндегі химиялық құрамның өзгеруіне және онымен байланысты астық мөлшеріне және т.б. байланысты өте кең шегінде өзгеруі мүмкін. Демек, болаттың беріктігі сызықпен емес, беріктік белдеуімен сипатталады (5.19-сурет). Салқындатылған аустенит тұрақтылығын анықтайтын бірқатар факторларға, сондай-ақ салқындату жағдайларына байланысты.

Салқындату жылдамдығының жоғарылауымен беріктігі азаяды. Демек, сыни диаметрдің екі шамасы номограммада беріледі: жылдам (суда) және баяу (маймен) салқындату.

Болаттың *химиялық құрамы* сондай-ақ беріктігі әсер етеді. Іс жүзінде барлық қоспалаушы элементтер салқындатылған аустенит тұрақтылығын арттырады, демек, беріктігі. Демек, барлық қосындыланған болаттар көміртекті болаттарға қарағанда жоғары беріктігі бар. Көміртекті болаттардың сыни диаметрі суда сөндірілген кезде 10 ... 20 мм шегінде жатыр, ал қосындыланған болаттар 250-300 мм дейін секцияға салынады (бұл болаттың легірілену деңгейіне байланысты).

5.3.4. Шындау ақаулықтары

Термиялық өңдеу кезінде *деформация және бүгілу* жиі кездеседі. Деформацияны оның пішінін сақтай отырып, бөліктің өлшемдеріндегі өзгерістерді өзгерту әдеттегідей және бөлшектің кескіні өзгереді (ол бүктелген, пропеллермен оралған және т.б.). Бірқатар жағдайларда, сызаттардың пайда болуы немесе тіпті бірнеше бөлікке бланктерді толығымен жою.

Деформация және бүгілу тез суытуды жүзеге асыратын сұйылтуға тән. Сондықтан біз осы термиялық өндеудің төмендегі жұмысын қарастырамыз.

Бұл ақаулардың себебі *шыңдау кернеулері* болып табылады. Сыртқы күштерді қолданбастан өнімде сөндіру үрдісінде кернеулердің кернеуі орын алады; олар сөндірілгеннен кейін қалады, сондықтан оларды *қалдық* деп атайды. Температураның кернеуі жылу (жылу) және құрылымдық (фазалық) кернеулерге бөлінеді.

Термиялық кернеулер беті мен өзектің біркелкі емес салқындауы нәтижесінде пайда болады. Бөлімнің температуралық құлдырауы бұйымның әр түрлі қабаттарының біркелкі емес жылуды қысуына әкеледі. Термиялық кернеулер, негізінен, тозу процесі кезінде салқындату кезінде, көлемнің азаюымен жүреді. Беткі қабаттардың көлемін азайту, пластикалық өзектің әлі де салқындатылғанына кедергі келтіреді. Өзек салқындаған кезде, бұрынғы салқындатылған төмен пластикалық беткі қабаттармен көлемді азайтуға жол берілмейді. Осылайша, салқындату аяқталғаннан кейін де, бірдей температура барлық көлемде орнатылса, бұйымға қалдық кернеулер әсер етеді: кейбір жерлерде қысу, басқаларында — созылу. Температураның неғұрлым жоғары температурасы және салқындату жылдамдығы неғұрлым жоғары болса, температураның төмендеуі өнім бөлігінде пайда болады және демек, термиялық кернеулер соғұрлым көп болады. Жылу кернеулерін азайту салқындату жылдамдығын төмендету арқылы жүзеге асырылады.

Құрылымдық кернеулер көлемнің ұлғаюына байланысты мартенситикалық трансформация нәтижесінде пайда болады. Мартенсит көлемі бастапқы құрылым көлемінен — феррит пен цементиттен үлкенірек. Металлургиядағы және, тиісінше, мартенсит құрамындағы көміртегі мөлшері неғұрлым жоғары болса, соғұрлым үлкен көлем өзгереді және құрылымдық кернеулердің деңгейі неғұрлым жоғары болады.

$\sigma_{\text{зак}}$ шыңдау кернеклерінің шамасы:

- $\sigma_{\text{зак}} < \sigma_{02}$ шегінен аз болуы, ал деформация болмайды;
- $\sigma_{\text{зак}} < \sigma_1$ шегінен асып кету, алайда сырғыштық шегі $\sigma_1 < \sigma_{\text{зак}} < \sigma_{\text{в}}$ болуы мүмкін, онда бұйымның бүгілуі болады (деформация);
- $\sigma_{\text{зак}} > \sigma_{\text{в}}$ беріктік шегінен асып кету, бұл ретте сызаттар пайда болады және бұйым толығымен бөлшектенеді.

Осылайша, беріктендіру деформациясының төмендеуі, әсіресе қиманың диаметрі немесе қалыңдығына тән ұзын және жіңішке бөлшектердің үлкен (ұзындығы 10 және одан да көп) ұзындығының қатынасын қамтитын шағын қаттылықтарды өндіруде маңызды міндет болып табылады. Қатты кесу деформациялары сонымен қатар ұзындығы бойымен көлденең қиманың өлшемдеріндегі өткір өзгерістері бар күрделі пішіннің егжей-тегжейінде көрінуі мүмкін.

Деформацияларға және шиеленіс концентраторларының бөліктеріндегі жарықтар пайда болуына бейім, яғни. түрлі өрнектері, өткір нүктелері, өткір жиектері бар.

Шыңдау кезінде деформация үрдісі *болаттың құрамына* байланысты. Көміртекті болат емес деформацияланған емес, қоспаланған аз. Қосындыланған болаттардың сыни салқындату жылдамдығы төменірек болады, сондықтан олардан дайындалған бөліктер маймен баяу маймен немесе тіпті ауадағы (мысалы, көміртек сияқты) суда емес, ауада да суыту арқылы салқындатылады. Сонымен қатар, беріктен кейін қалдық аустенит олардың құрылымында сақталады; оның көлемі ферритке қарағанда аз, бұл мартенситикалық трансформациядан туындаған көлемнің өсуін өтеуге мүмкіндік береді. Басқаша айтқанда, бұл жағдайда қалдық аустениттың болуы пайдалы.

Шыңдау кезінде деформацияға бейім *бөліктерді механикалық өңдеу* кезінде, A_{c1} температурасынан төмен температурада және одан кейінгі изотермиялық ұстамдылықтан тұратын тұрақтандырғыш термиялық өңдеуді орындау қажет. Бұл операциялар әртүрлі деп аталады: температура, тозу немесе төмен температурадағы күйдіру.

Бұл өңдеуге қажеттілік кесу кезінде кесу барысында дайындамадағы қалдық кернеулердің пайда болуына байланысты. Әдетте, олар шығымдылық нүктесінен айтарлықтай төмен, бірақ олар қауіп төндіреді, өйткені суды сөндіру кезінде қызған кезде бұл кернеулер өнімділіктің жоғарылауымен төмендейді. Дайындама тіпті салқындату алдында деформацияланады. Іс жүзінде, бұл өңдеу көбінесе үлкен кесу тереңдігімен өңделіп, қалдықты кернеулердің туындауына әкеліп соғатын өңдеуден кейін жүзеге асырылады. Демалысты тұрақтандыру тиімдірек, температурасы неғұрлым жоғары.

Режимдерді таңдау бойынша ұсынымдар 5.1-кестеде келтірілген.

Жылумен өңдеу. Деформациялардың мөлшерін мартенсит түрлендірудің температуралық ауқымында баяу салқындату арқылы азайтуға болады. Фазалық трансформация жағдайында болаттың икемділігі күрт артады (аустенит мартенситке айналған кезде шамамен 20 есе), сондықтан тез салқындату кезінде пайда болатын жылу кернеуі бөліктің айтарлықтай бұрмалануына әкеледі. Бұл мәселе түрлі технологиялық сөндіруді қолдану арқылы шешіледі (5.20-сурет).

Таблица 5.2

5.1-кесте

Тұрақтандырғыш жұмсарту
режимдері

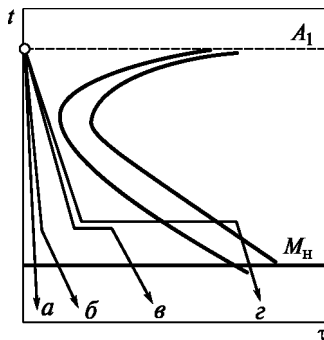
Температура, °C	Ұстамдылық, сағ
600.650	2
500.600	2.3
400.500	3.4
300.400	4.5
130.200	8.10

Бір салқындатқышта шыңдау (желілік а) кеңінен қолдану қажет. Белгілі бір температураға дейін қыздырылған бөлік толығымен салқындатылғанша қалады, ол суды ағызатын ортада суға батырылады. Бұл технология M_H — M_K температуралық ауқымындағы салқындату жылдамдығын төмендетуге мүмкіндік бермейді. Бұл әдіс жай пішіннің бөліктері үшін пайдаланылады.

Қаттылдау кернеулерін азайту үшін, кейде бөліктер суды құйғанда сұйықтыққа батырылмай тұрып, ауадағы салқындатылады, бөліктер мен салқындатқыш орта арасындағы температура айырмасын азайту үшін салқындатылады. Қаттыланудың бұл әдісі суықпен сөндіру деп аталады. Салқындаған кезде, бөліктің температурасы гипотезкоидты болаттар үшін A_{23} нүктесінің төмен емес және гиперэутроидты болаттардың A_{c1} нүктесінен төмен болмауы керек (4.3.1-кіші бөлімін қараңыз)

Екі ортада шыңдау кезінде (б сызығы) сөнгенде, қыздырылған бөлік суы алғаш рет жойылып кетуіне жол бермеу үшін, ең алдымен, суперқабылданған аустениттың ең төменгі температурасынан төмен суда тез салқындатылады. Осыдан кейін бөлік қызыл (май, тұзды сутегі немесе ауа) басқа біріне ауыстырылады, содан кейін ол — M_K температуралық ауқымында баяу салқындайды. Бұл әдіс жоғары көміртекті болатты сөндіру үшін қолданылады және жоғары калибрленген термисторды қажет етеді, өйткені судың қартаю уақытын орнату қиын. Әдетте бұл өте аз (3 ... 4 с).

МС қайнатылған кезде (ыстық), қыздырылған бөлік M_H нүктесінен (әдетте 230,250 ° C) жоғары температураға ие емес температурада сөндіргіш ортада салқындатылады және ол температурада теңдестірілмегенше сақталады. Кейінгі салқындату кезінде жылу кернеуін төмендету мақсатында секция болады.



а — бір салқындатқышта шыңдау; б — екі орташа шыңдау; в — сатылы шыңдау; г — изотермиялық шыңдау

5.20-сурет. Түрлі шыңдаудың түрлері кезінде қысық салқындату:

Ұстамдылық өте ұзақ болмауы керек, өйткені аусынды айналдыруды байнитке айналдыруға болмайды. Содан кейін ауадағы соңғы салқындату бар, онда аустенит мартенситке айналады. Қажет болған жағдайда бөлшектердің түзілуі (түзулері) аустенит мартенситке айналдырылған кезде болаттың икемділігін жоғарылату арқылы осы сәтте жүзеге асырылады. Қаттылығын күшейту процесінде, көлемнің өзгеруі, шиеленісуі және жарықтар пайда болу қаупі едәуір төмендейді. Іс жүзінде ол легирленген болаттар үшін қолданылады.

Изотермиялық беріктендіру (г сызығы) кезеңді түрде бірдей түрде орындалады, бірақ баяулататын ортада ұзақ уақыт ұстай отырып, төменгі белдік құрылымын қалыптастырады. Изотермиялық қартаюдың қажетті уақыты аустенит изотермиялық трансформациясының диаграммасынан анықталады. Негізгі изотермиялық беріктендіру кезінде легирленген болаттар қолданылады. Изотермиялық беріктендіруден жұмсарту жүргізілмейді.

Ерітілген тұздар (мысалы, 55% KNO_3 және 45% NaNO_2) немесе сілтілі (20% NaOH және 80% KOH) салқындату құралдары ретінде сатылы және изотермиялық сөндіру үшін пайдаланылады.

Сілті мен тұздардың балкуына 0,5 ... 1,0% су қосып, салқындату жылдамдығын арттырады.

Өзін-өзі босатумен бірге деформациялар азайып кетеді. Осы технологияға сәйкес, бүкіл қыздырылған бөлік суға батырылмайды, бірақ оның жұмыс бөлігі ғана және қысқа әсер етуден кейін шығарылады. Суға батырылмаған бөліктің қызуына байланысты өнімнің жұмыс бөлігі қызады. Қажетті қыздыру температурасы ластанудың түсімен анықталады және ол жоғары болған кезде бөлік суда қайтадан салқындатылады.

Ақтығы түстерінің көрінісі темір оксидтерінің жұқа қабаттарының таза (жылтыратылған, беті) бетінде пайда болуымен түсіндіріледі. Қабаттың түсі температураға байланысты тотықтың қалыңдығымен анықталады: ашық сары - 220°C ; сары - 230°C ; қараңғы сары - 240°C ; қоңыр - 255°C ; қызыл түс - 265°C ; күлгін - 285°C ; қара және ашық-көк - 295.310°C ; сұр - 330°C

Қыздыру және салқындату кезінде, бөлшектердің өз салмағының әсерінен ешқандай деформация болмайтындай орналасуы керек: ұзындықты бөліктер суспендінің тік қалпында қыздырылуы керек; қону циклінің эллипсіне жол бермеу үшін, соңында қондырғысы бар дәл орталық тесікшелері бар бөліктер.

Астенитті мартенситке айналдыру кезінде болаттың максималды икемділікке ие болған жағдайда бөлшектерді түзету өте ыңғайлы. Мұндай технологиялар плиталар астындағы өлшейтін бөлшектердің сөнуі арқылы жүзеге асырылады. Дегенмен, бұл тек жалпылама бөлшектер үшін ғана мүмкін

Ұзын бөліктерді түзету иілу басқыштарына иілу арқылы жүзеге асырылады. Сонымен қатар, киімнің деформациясы сөндіру кезінде пайда болған қисықтан жоғары болуы тиіс (иілу арқылы икемдеу). Бұл жүктеме жойылғаннан кейін пайда болатын серпімді деформацияны өтеу үшін қажет.

Қаттылдау кернеулерінің төмендеуі кейінгі температура арқылы, басқаша айтқанда, қатты бланкілерді Ac_1 сыни нүктеден төмен жылыту арқылы қол жеткізіледі, яғни. $727^\circ C$ -тан төмен (5.4-бөлімін қараңыз).

Беткі тотығу және дарборсыздандыру әдеттегі атмосферада жалынмен немесе электр пештерде қызған кезде пайда болады. Бұл ұнтақтауды көбейтуді талап етеді, бұл өндіріс бөліктерінің технологиясының құнын және күрделілігін арттырады. Ақауларды жою үшін қорғау атмосферасын пайдалану керек.

Өткізу уақытының қызып кетуі немесе ұзартылуы аустенит дәнінің өршуіне әкеліп соғады, демек, күйдіруден кейін мартенсит емес. Бұл болаттың сынғыштығына әкеледі, ал қатайтқан кезде крекингтің ықтималдығын арттырады.

Қатты қаттылықтың жеткіліксіздігі қызып кетуден немесе жеткілікті қарқынды салқындатудан туындауы мүмкін. Қызып кетудің (төменгі сөндіру температурасы, тым қысқа потенциалды уақыт) нәтижесінде мартенситке көміртегінің толығымен еруі себебінен қаттылық азаяды. Төмен салқындату жылдамдығымен құрылым құрылымы мартенситке қарағанда төменгі қаттылыққа ие перлит түріндегі өнімдерден (сорбитол, тростит) тұрады.

Ақауды жою үшін қатайту технологиясын сақтау қажет.

Жұмсақ дақтардың қалыптасуы (нүктелік қаттылық) суда еріту арқылы салқындатылған көміртекті болаттарға тән. Бұл су қайнаған кезде бу пішінінің пайда болуына байланысты. Байланыстыру бөліктерінен және бұмен жылуды кетірудің көпіршіктері баяулайды, өйткені будың жылу өткізгіштік деңгейі судан әлдеқайда аз. Мартенсит төмен салқындату жылдамдығынан құрылмайды. Бұдан басқа, қалыңдықтың масштабында, қаттылайтын кенелер арқылы қатайтылған жерлерде және т.б. болуы мүмкін.

Бұл ақаулықты болдырмау үшін қысым астында болатын бөліктерге калорий сұйықтығын беру немесе бу бүріккішті сындырып, сөндіру сұйықтығының ішіндегі бөлігін қуатты түрде жылжыту қажет; сөндіру алдында масштабты жою; Қатты қыстырғыштарды ұстау нүктесінде салқындатуға жол бермейтін өткір жақтары бар.

5.4. Жұмсарту және тозу

Жұмсарту - Ac_1 берілген температура және одан кейінгі салқындату (әдетте әуе) кезінде изотермиялық картаю төмен температураға дейін

болат жылыту тұрады металл қасиеттерін қалыптастыру қорытынды термоөңдеу қадам.

СЭЖ көміртегі аса қаныққан қатты ерітіндісі - мартенсит толық немесе ішінара ыдырау арқылы қалыптасатын түпкілікті құрылымын және қасиеттерін алу - шынығу мақсаты. Жұмсарту кезінде қалдық кернеулер азаяды және теңдестірілген құрылым алынады.

Жылытылған кезде мартенсит карбидтердің босатылуына байланысты көміртектен босатылады. Fe_3C (- ерітіндіде қатты көміртек мазмұнын жылыту температурасына байланысты тепе-теңдікті аспауы мүмкін (барлық көміртек емес бөлектелген), бұл жағдайда, құрылымы мартенсит немесе Q_{α} диаграмма Fe мемлекет сәйкес нүктесінде тәсіл сондай-көктем (0.006% C), сақталады құрылымында қатты ерітінді, содан кейін (сурет 4.2 және 5.1 қараңыз) - феррит. Тұндыру карбидтер коагуляция көп немесе аз дәрежеде жасыту температурасына байланысты орын алады.

Жұмсартудың үш түрі бар: орта температурасы (орташа) және жоғары температура (жоғары) (сурет 5.21), төмен температура (төмен).

Төмен температура 150 ... 250 ° C температурада жүргізіледі. Сонымен қатар, қатты ерітіндідегі көміртектің мөлшері тепе-теңдік күйінде қалады (барлық марганецтен шыққан көміртек емес). Мұндай босатудан кейінгі құрылым мартенсит болып табылады, ол мартенсит (M_3) қарағанда, температура мартенсит (M_{α}) деп аталады. Мартенсит кристалдық торының тетрагондық дәрежесі біршама азаяды, ал қаттылық аздап азаяды (5.10 суретті қараңыз). КСУ-нің соңғы күші мен жылжымалы тұтқырлығы қатаю кернеулерінің азаюы нәтижесінде бірнеше жоғарылайды.

Осылайша, төмен температурадан кейінгі болат құрылымы мартенсит температурасын түзеді. Болат қаттылықты сақтайды.

Төмен босату төзімділік жағдайында жұмыс істейтін құралдар мен бөлшектерді ұстайды, олар үшін қатты қаттылық қажет:

- кесу және өлшеу құралдары, көміртекті және легирленген құрама болаттардан жасалған суық деформациялық маркалар;
- жер үсті сөндіруден кейінгі бөліктер (5.5.2-бөлімді қараңыз), карбюрлеу және кейіннен суды төгу (5.5.1-бөлімін қараңыз).

Әдетте, демалыс уақытының ұзақтығы - 1,2,5 сағат, өлшеу құралы ұзынырақ әсер ететін өлшемдерді тұрақтандыру мақсатында тазартылады.

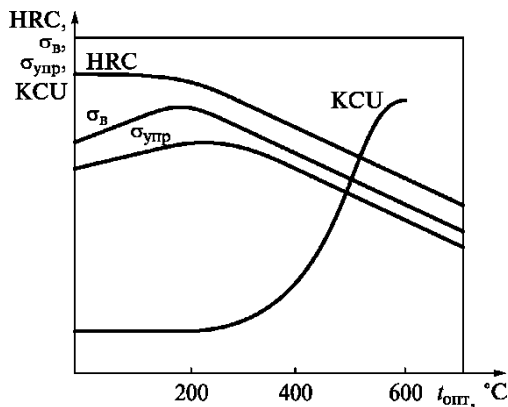


Таблица 5.2

5.21-сурет. Жұмсарту температурасының

болаттың құрылымына және

механикалық қасиеттеріне әсері:

σ_b — беріктік шегі ; $\sigma_{упр}$ — серпімділік шегі;

KCU — екпінді жабысқақтық; HRC —
қаттылық

Жұмсарту ауада, май немесе балқытылған тұздар (50% KNO_3 і 50% $NaNO_2$), әуе жүзеге асырылады. Сұйық ортада жылдам және біркелкі жылу қамтамасыз етіледі, сондай-ақ температура дәл реттеледі.

Орташа температура 350 ... 500 ° C температурада жүзеге асырылады. 300 ° C жоғары температурада цементит түріндегі барлық көміртек мартенситтен босатылады. Алайда, мұндай температурада цемент коагуляциясы (- 0,3 • 10-5 мм цементита бөлшектердің орташа диаметрі) өте аз.

Орта шынығу нәтижесінде troostite мереке деп аталатын феррит-цементита қоспаны қалыптасады, бірақ ағады - аустенит ыдырау кезінде алынған троостит айырмашылығы Тотп (5.1.3 бөлім және 5.6 суретті қараңыз). Жұмсарту троостит цемент түйіршіктелген құрылымы бар, және аустените ыдырауы алынған - технологиялық қасиеттерін бірқатар анықтайды пластина: астық құрылымы өңдеу процесінде жоғары өнімділігі мен үздік иілгіштікке қол жеткізді.

Қоспаны-цементита феррит ыдырауы мартенсит 40,48 МӨСБ азайту-берілген қаттылығын еріп, бірақ беріктігі сөндіру стресс төмендеуі ретінде, өсті. Алайда, негізгі орта шынығу нәтижесінде серпімді лимиті максималды мәні жетті деп (қараңыз. Сур. 5.21) факт болып табылады. Сондықтан, орташа босату нәтижесінде қаттылығы және қанағаттанарлық беріктігі шынығу үшін жеткілікті болып табылатын, бұлақтар, бұлақтар, серпімді мүшелері, сондай-ақ бөлшектер мен құралдар жататын (мысалы, қолмен құралдары) қажет. Орташа температурадағы температура ауаның атмосферасымен тұздар мен пештердің балқымаларында жүзеге асырылуы мүмкін.

Жоғары температура 500 ... 600 ° С температурада жүзеге асырылады. Сорбитол жұмсарту (Сотп) деп аталатын түйіршіктелген цемент нәтижесінде феррит-цементита құрылымы.

Жоғары демалысына кезде мартенсит бастап көміртегі толық бөлу, сондай-ақ айтарлықтай өсуін ғана емес, орын (үюының) кристалдар (олар троостит қарағанда шамамен 3 есе көп болып, яғни сорбит 10-5 мм цементита бөлшектердің орташа диаметрі,) цемент тұндыру. болат қаттылығын шынығу нәтижесінде 300 НВ болып табылатын, айтарлықтай төмендейді, бірақ айтарлықтай Икемділік пен беріктігі арттыру (қараңыз. сур. 5.10), сонымен қатар, сөндіру кернеулер жүзінде толық жою бар.

Шыңдалған және шыңдалған болат өртеуге салыстырғанда механикалық қасиеттерін жоғары мәндерін алуды қамтамасыз етеді: беріктігі (және с), қаттылығы, тұтқырлығы (8 және у), және тұтқырлығы (КСУ). Демек, судың ерітіндісі мен жоғары температурадан тұратын термоөңдеу жақсару деп аталады. Жоғары кернеу жағдайында жұмыс істейтін бөлшектер әсер ету жүктемелерімен бірге жақсарады. Жоғары мерекелер тұздардың балкуымен және ауамен атмосферада пештерде жүргізіледі.

Мерзімді қартаюы емес, демалыс, соңғы жылу бұрын полиморфты трансформация жоқ беріктендіру жататын қорытпалар емдеу, (2.7 кіші бөлімі қараңыз), сондай-ақ қорытпалар қолданылады, (7 тарауды қараңыз) құрылымын тұрақтандыру үшін сөнбейді мүмкін емес. Қартаю, егер ол бөлме температурасында орын алса немесе оны жоғары температура кезінде жасанды болса, табиғи болуы мүмкін.

Температура мен тұрақтандыру қартаюының операциялары қалдық штампдарды жою немесе азайту үшін жүзеге асырылады. шынығу және қартаю кезінде преформаларды кернеулер жылу операцияларды жақсы, жоғары температураны жойылған.

5.5. Беттік беріктендіру

5.5.1. Жалпы мәліметтер

Қаттылықты күшейту және одан кейінгі температура тозуы, әсер ету жүктемелерімен ұштастырылған тозу жағдайында бөліктің өнімділігін қамтамасыз ете алмайды. Бұл үшін бір мезгілде қаттылық пен қатаңдықтың жоғары мәндері қажет. Алайда жоғары болат көлемін бірақ төмен беріктігі беріктендіру кейін табандылық бар, және керісінше (5.10 суреттіқараңыз).

Мұндай жағдайларда бетінің қатаюы қолданылады. Бұл бөлшектер жоғары беттік қаттылық қамтамасыз етеді және осылайша кезде тұтқыр негізгі тозуға.

Бетінің беріктігін химиялық термиялық өңдеу әдісімен (ХТӨ)

химиялық және термиялық әсерлерін химиялық құрамы бетінің қабатының құрылымы мен қасиеттерін өзгерту, сондай-ақ бетінің катаюын болдырмау мақсатында біріктіреді.

Химиялық құрамы түрлі элементтердің беткі қабатына диффузияға байланысты өзгереді. ХТӨ нәтижесі бойынша, дайындаудың жоғары тозуға төзімділігі беткі қабаттың қаттылығын арттыру арқылы, тұтқыр өзегін сақтай отырып қол жеткізіледі. Химиялық-термиялық өңдеу сондай-ақ коррозияға төзімділікке жету үшін орындалады. Бірқатар жағдайларда бұл проблемаларды бір мезгілде шешуге болады.

Бетінің беріктігін арттыру тек қана бет қабатының тереңдігіне дейін қыздыру арқылы жүзеге асырылады, сондықтан кейінгі салқындату кезінде бұл қабат тек қана көлденең қиманың барлық бөліктеріне емес, тек осы қабатқа бөлінеді. Соққы жүктемелеріне төзімділігі өзек арқылы қамтамасыз етіледі.

5.5.2. Химия-термиялықөңдеу

Химиялық-термиялық өңдеу - әртүрлі элементтердің бөлшектердің беткі жағылуын сыртқы ортадан олардың диффузиясы арқылы алу процесі. Химиялық-термиялық өңдеу процесі үш кезеңнен тұрады:

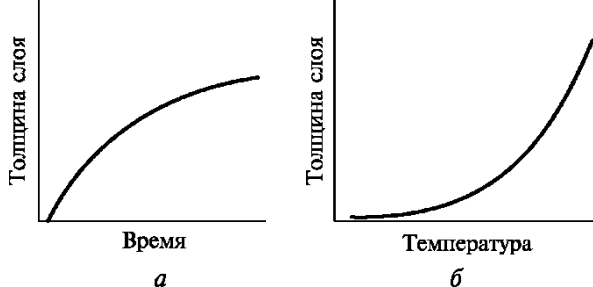
- молекулалардың ыдырауы мен диффузиялық элементтің белсенді атомдарының пайда болуынан тұратын диссоциация. Мысалы, атомдық көміртекті ($2\text{CO} + \text{CO}_2 \rightarrow 3\text{C}$), атомдық азоттың ($2\text{N}_2 \rightarrow 4\text{N}$) қалыптасуымен аммиак көміртек тотығының диссоциациясы;

- Адсорбция, яғни бетіндегі диффузиялық элементтің белсенді атомдары;

- диффузия, яғни, қаныққан элементті металлдың ішкі жағына ену.

Диффузия қабатының қалыңдығы температураға, қартаюдың ұзақтығына және бөліктің бетіне диффузиялық элементтің концентрациясына байланысты (5.22-сурет).

Диффузия жылдамдығы және, демек, қабаттың қалыңдығы НТО процесінің температурасы мен ұзақтығы артып келеді. Бұл жағдайда параболикалық уақыт тәуелділігі байқалады (5.22, а-сурет) және температура әлдеқайда күшті - экспоненталық (5.22, б-сурет). Сондықтан температура тиімділігін арттыру қабаттың мәнін арттырады.



5.22-сурет. Диффузиялық қабаттың қалыңдығының технологиялық параметрлерге тәуелділігі:
 а — уақыт; б — температура

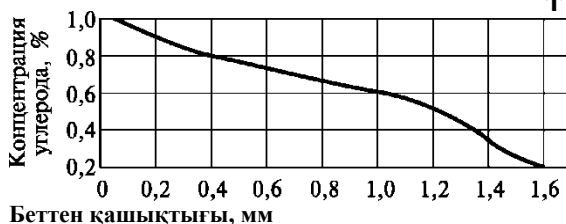
Термиялық өңдеу үшін цементтеу, азоттау, (ционирование) карбониттау және диффузия (гальваникалық қоспағанда) металлизация: мынадай өнеркәсібінде, ең кең таралған түрлері ХТО.

Цементтеу - болат бөлшектер көміртегі беті қабаттарының диффузиялық қанықтыру процесі. Цементтеу цемент деп аталатын көміртегі 0,25 ... 0,3% дейін төменгі көміртекті болаттар үшін жүргізіледі. Бұл цементтеу болат, тепе-теңдік (жасыту) шарты бойынша құрылымы - феррит (көпшілігі) және перлит. Бұл болаттардың қаттылығы мен беріктігі төмен, ал иілгіштігі мен төзімділігі жоғары. Көміртекті құрамының төмен болуына байланысты олар іс жүзінде жойылмайды.

Цементтеу БАҚ 900,950 ° С, мысалы кем көміртегі бар, carburizer жүргізіледі тұрақты аустенит (4.2 сурет қараңыз) - АС 3 жоғары. аустените көміртек ерігіштік, өйткені температура таңдау ферритті қарағанда айтарлықтай жоғары болып табылады: аустените 2.14% -ға дейін, ал нүктелері Е және F дейін Fe фазалық диаграмма сәйкес келеді ферритті, 0,02% - Fe₃C (4.2 сурет қараңыз.). . жылыту температурасы неғұрлым жоғары, соғұрлым көміртегі аустените ерітілген болады, бірақ бұл оның дәніндей арттырады. Қанықтылық жылдамдығы шамамен 0,1 мм / сағ. Осылайша, 1 мм алу үшін цемент қабаты тереңдігі кем дегенде 10 сағат үшін қажет.

Цементтелген қабаттағы көміртегі концентрациясы жер бетінен бөліктің ядросына дейін азаяды (5.23-сурет). Осыған байланысты, қабат құрылымында баяу салқындатылғаннан кейін үш аймақ бөлінуі мүмкін: гиперэтекет, эвтектоид және конструкциялармен алдын ала эвтектоид, тиісінше, Р + Sn; П және П + Ф (4.2-суретті қараңыз). Цементтелген қабаттың тиімді құндылығы үшін тереңдігі феррита 50% және 50% перлиттен (құрамында 0.4 ... 0.45% көміртегі бар) тұратын эвтектоидты болат құрылымына түседі.

Таблица 5.2



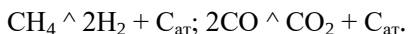
Беттен қашықтығы, мм
5.23-сурет. Цементтелген қабаттағы көміртегі
концентрациясының өзгеруі

Біртіндеп түрлі қаттылық аймақтарын болуы ол қаттылық күрт төмендеуі кезінде туындайтын стресс байыту фабрикаларын жояды негізгі бөліктерінде бетінен біртіндеп төмендеуін қамтамасыз етеді.

Цементацияның екі технологиясын қолданыңыз: қатты және газ. процесс қарқындалу үшін BaCO_3 (25%) және CaCO_3 (5%), көмір түйіршіктерді слипания алдын алу үшін: Қатты цементтеу белсендірілген көмір (70%) және ұнтағы бар карбюратор жүзеге асырылады. Толық мәліметтер болат дәнекерленген немесе шойын қораптарда (контейнерлерде) оралған. Қораптың төменгі бөлігінде және бөліктердің әрқайсысында карбюратор қабаты жабылған. Қорап қақпағы жабық, қосылым отқа төзімді балшықпен бекітіліп, содан кейін пешке қойылады. Көміртегі көмір көмірқышқыл газынан CO қалыптастыру цементтеу терезесінде оттегі қазіргі, және барий карбонат әрекеттеседі: $\text{BaCO}_3 + \text{BaO} + \text{C} \rightarrow \text{атом көміртек} + 2\text{CO} + \text{CO}_2$ қалыптастырылады $2\text{CO}, \Delta \text{Sat}$.

Нәтижесінде атом көміртек аустените еритін, болат бөлшектер сорып және терең сейілетін отыр. Бұл техниканың кемшіліктері оның ол контейнерлерді қыздыру үшін уақыт қажет, өйткені, цементтеу газ (2 есе аз) салыстырғанда көміртегі қанықтыру бетінің дәрежесін және неғұрлым төмен ставкасын реттеу мүмкіндігі аталады, және қоспалар болуы тиіс. Қатты цементтеу бір және шағын пакеттік өндіру үшін пайдаланылады, ол орындауға қарапайым, ешқандай арнайы жабдық талап етеді.

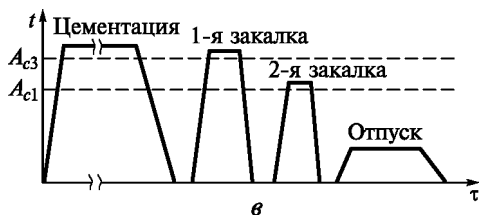
Газды кәдеге жарату сериялық және кең ауқымды өндіріс үшін тән. Ол газдар бар ортада жүзеге асырылады. атом көміртек диссоциациялану қалыптастырған онда CH_4 метан (табиғи газ) және көміртек тотығы CO қоспасынан тұратын ең жиі пайдаланылатын карбюратор:



Газды цементтеу қабаттағы көміртегі концентрациясын, процесті механикаландыру және автоматтандыруды қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, процесс аз уақыт алады.

Өз кезегінде, карбонинг негізгі тапсырманы орындауды қамтамасыз етпейді - бөлшектердің беткі қабатының қатты қаттылығын және тозуға төзімділігін қамтамасыз ету. Бұл бөліктің тек қана көміртегін тиімді бөлуді жасайды. Беткі қабаттың қажетті қатаюына кейінгі термиялық өндеуден кейін, су тоттанудан және төменгі температурадан ($160 \dots 180^\circ \text{C}$) тұратын қатудан кейін қол жеткізіледі. Беткі қабаттың беріктігі мен бөлшектердің ядросына қойылатын талаптарға байланысты әртүрлі технологиялар қолданылады (5.24-кесте).

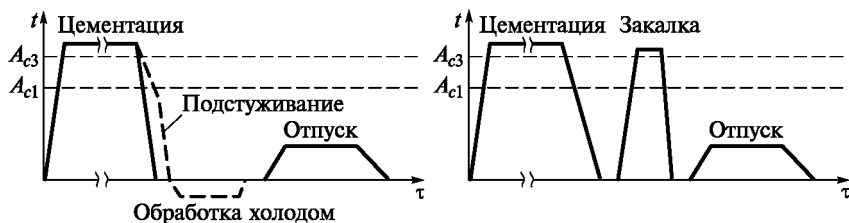
Беткі қаттылықты ғана талап ететін бөлшектер мен басқа механикалық қасиеттер өнімділікті шектемейді, қатаю цементтеу температурасынан орындалады. Технология тек газды карбидеу арқылы жүзеге асырылады. Пештен алынатын бөлшектер ауаның температурасына дейін салқындатылады (аяздан тазартылған), содан



5.24-сурет. Цементтеу және кейінгі термиялық өндеу технологиялары:

- а - цементтеуден суықтатумен қыздыру;
- в - жалғыз қатаю; в - екі есе қатайту

соң сөндіру ортасына салқындатылады (5.24 а, сурет). Емдеу термалды кернеулерді азайтады. Бұл технология ең үнемді және оңай автоматтандыруға ұшырайды. Дегенмен, болат құйынды құрылымы бар және күш пен төзімділікті азайтады. Осындай өңделгеннен кейін қанағаттанарлық қасиеттер бар, кейде гидротитті түрде ұсақ түйіршікті болаттар алынады.



Ең кең таралған технология - бөліктерді катмарлаудан цех қабатына дейін салқындатудан кейін қосымша жылыту арқылы қатайтады. Бұл жағдайда, сөндіру $820 \dots 850 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (сур. 5.24, б), әдетте, қандырып болаттар ($780.800 \text{ }^{\circ}\text{C}$) пайдаланылатын бірнеше жоғары температура, болып температурада жүзеге асырылады. Бұл жағдайда қайта кристалдану нәтижесінде астық цементтелген қабатпен ғана емес, ішінара да ядродан алынады, себебі ядро осындай температурадан ішінара сөнуден өтеді (5.3.1 және 5.15-суреттерді қараңыз). Бетінде (5,8%) майда мартенсит, қайталама цементит және қалдық аустенит пайда болады.

Корпустың жоғары беріктігі мен төзімділігін талап ететін ауыр жүктелген бөлшектер цементтеуден кейін қосарланған сөндіруге ұшырайды (5.24,с-сурет). Бірінші суыту As3 нүктесінің жоғары температурасынан орындалады. Негізгі құрылымы (бұл эвтектоидты болаттың құрылымы) толық кристаллизациядан өтіп, ұсақ түйіршікті болады. Дегенмен, осы алғашқы сіңірудің нәтижесінде беткі қабаттағы қатты күйген мартенсит құрылымы азаяды. Екінші сөндіру цементтелген қабатты дәндерді (бұл гиперэвтектоидты болат құрылымы) бірінші сөндіру кезінде қызып кету үшін As1 нүктесінен ($750.780 \text{ }^{\circ}\text{C}$) сәл жоғары температурадан жүзеге асырылады. Бұл технологияның жетіспеушілігі қосарланған сөндіру нәтижесінде бөліктердің соғылуының артуы болып табылады.

Ядрдің құрылымы болаттың құрамына байланысты. Көміртекті болат бөлшектер үшін феррит пен перлит; болат құю деңгейіне байланысты сорбитол, тростоттон немесе төмен көміртекті мартенсит. Цементирлеуден, сөндіруден және төмен температурадан кейін бетінің қабатының қаттылығы 58,62 HRC, ал көміртекті болаттар үшін 20 HRC және қорытпалар үшін 25,45 HRC. Осылайша, компоненттер бетінің жоғары қаттылығын (тозуға төзімділікті) және ядроның жоғары соққы беріктігін қамтамасыз етеді (соққы жүктемелеріне жақсы қарсылық).

Цементтеу жоғары тозу және динамикалық жүктемелер жағдайында жұмыс істейтін бөлшектерге (мысалы, дөңгелектер дөңгелектері, құрттар, камералар, тарату роликтері және т.б.) ұшырайды. Цементтеу өнімнің бүкіл бетіне әсер етпеуі мүмкін. Бұл жағдайда карбюрлендіруге жатпайтын жерлер гальваникалық мыс жабыны немесе арнайы жабынмен қорғалған.

Цементтеу және кейіннен термиялық өңдеу арқылы күшейтілетін бөлікті дайындаудың типтік технологиялық процесі:

- тазарту жұмыстары;
- Алдын-ала өңдеу (ұнтақтауды қоса алғанда);
- беріктенбейтін бөліктің бөліктерін қорғау;
- беріктендіру;

- төмен демалыс;
- әрлеу (ұнтақтау).

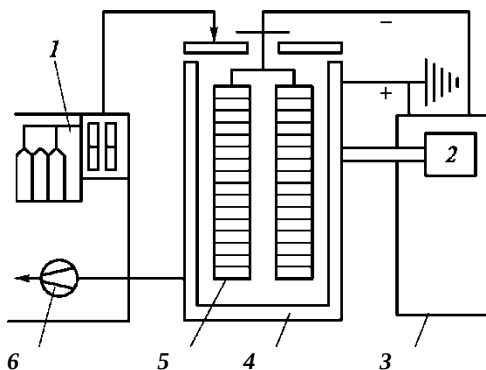
Күйдіруден кейін және кейінгі термиялық өңдеуден кейін деформациялар орын алады, сондықтан әрлеу міндетті болып табылады. Бөлшектің цементтелген қабатының ең көп таралған қалыңдығы 0,8 ... 1,2 мм құрайды, сондықтан, карборизация кезінде, тегістеу үшін ескеруді ескере отырып, үлкен қалыңдықтың - 1,2,1,5 мм қабатын алу қажет.

Нитрлеу - болат бетінің азотты қанықтыру. Аммиак ортасында процесс 480.560°C температура диапазонында жүзеге асырылады. Мұндай температураларда аммиак атомдық азотты ($2\text{NH}_3 \rightarrow 2\text{N} + 3\text{H}_2$) қалыптастырады, ол компоненттің беткі қабаттарына таралады. Азот болатындағы ерігіштігі көміртегіден жоғары, 591°C температурада 0,1% құрайды.

Нитрлеу әдісі Cr, Mo, V, Al бар жұмсақ легирленген болаттар үшін қолданылады, себебі көміртекті болаттар нитрле алу кезінде қатайтылмайды (5.25, а). Азот натрий қабатын қатты қаттылыққа бөлетін легирленген элементтері бар устойчивые нитридтерін қалыптастырады. Алюминий нитридтерінің ең үлкен қаттылығы бар. Алюминийден жасалған және нитрилдер арқылы қатайтуға арнайы әзірленген 38X2МЮА болаттан жасалған бөлшектердің беткі қаттылығы, нитроздан кейін 1100.1200 Вт жетеді (6.3 бөлімін қараңыз).

5.25-сурет. Азоттық параметрлердің (а) қалыңдығына және азот қабатының қалыңдығына әсері (б)

Таблица 5.2



5.26-сурет. Ионды азотты орнату
схемасы:

1 — газбен қамтамасыз ету жүйесі; 2 -
температураны реттейтін құрылғы; 3 - қуат
блогы; 4 - вакуумдық контейнер; 5 -
бөлшектер; 6 - вакуумдық сорғы

Әдетте, нитриллеу процесі $500 \dots 520^\circ \text{C}$ температурада жүзеге асырылады. Бұл жағдайда, 24,90 сағатқа дейін 0,5 мм қабаты қалыңдығы. қабаты қалыңдығы үлкенірек, ұзақ процесс орын алады (сур. 5.25, б). Бұл ұзақтығы процесінің төменгі температурасына байланысты азоттың нашар диффузиясымен түсіндіріледі. Процесті жеделдету үшін екі сатылы нитрация қолданылады. Алдымен 500.520°C температурада, содан кейін 540.560°C температурада жүргізіледі. Бұл азоттық қабаттың қатты қаттылығын сақтай отырып, процесті 1,5 - 2 есе жылдамдатады. Температураның одан әрі артуы қаттылықты айтарлықтай төмендетеді (5.16-суретті қараңыз, а).

Процесінің ұзақтығын айтарлықтай азайтады иондарды нитрлеуге мүмкіндік береді. Бөлшектер вакуумдық камераға орналастырылады (5.26-сурет). Катодтың (бөлшектердің) және анодтың (вакуумдық контейнердің) арасында атомдар мен азот иондары бар газ ортасында жарқыраған разряд пайда болады. Сонымен қатар, оң зарядталған азот иондарының ағыны компоненттің бетіне (катодты) түседі. Иондар катодқа соғылған кезде, жылу шығарылады, себебі оның бөлігінің беті қызады. Бұл жағдайда темірдегі азоттың ерігіштігі жоғарылайды және ол деталға ауысады. Пеш камерасындағы жұмыс қысымы 130.1300 Па. Газмен салыстырғанда, ион нитрлеуі бірнеше артықшылыққа ие: аз уақытты өңдеу, азот қабатының сапасы, қабаттың сынғыштығы азаяды.

Нитрлеуге дейін бөліктер суды сөндіру және жоғары температурадан (жақсарту) тұратын термиялық өңдеуге ұшырайды. Бұл жоғары сокқыға жетеді. Содан кейін олар өңделеді, соның ішінде ұнтақтау, өнімге соңғы өлшемдері беріледі. Nitriding өндіріс

бөліктерінің технологиялық процесінде соңғы өңдеу болуы мүмкін.

Бұл, ең алдымен, азоттық температурасы жоғары температура температурасынан төмен болғандықтан мүмкін. Сондықтан жақсарту арқылы алынған бөліктің ядросының құрылымы мен қасиеттері өзгеріссіз қалады. Екіншіден, азотты еріту кезінде деформациялар өте аз және болжамды, себебі нитроляцияның төмен температурасы температурадағы кернеулерді тудырмайды және ($a \rightarrow y$) өзгеруінен төмен, сондықтан фазалық кернеулер пайда болмайды. Бөлшектердің өлшемдері нақты азот қабатының көлемінің өсуіне байланысты өзгереді. Бірақ бұл өзгерістер алдын-ала болжанады және өлшемдерді түзету арқылы ескерілуі мүмкін. Бірқатар жағдайларда, азотпен байытылғаннан кейін, әрлеу жүргізіледі - 0.02 ... 0,05 мм қалыңдығы ұсақ ұнтақтау.

Нитрлеуге жатпайтын аймақтар электролиттік әдіспен немесе сұйық шынымен қапталған жұқа қабат (0.001.015 мм) қалайымен қорғалған.

Нитрлеумен күшейтілген бөлшектерді өндірудің типтік технологиялық процесі:

- тазарту жұмыстары;
- алдын ала өңдеу;
- жақсарту (қатайту + жоғары жалақы);
- түпкілікті өңдеу, оның ішінде ұнтақтау;
- беріктенбейтін бөліктің бөліктерін қорғау;
- азоттандыру;
- ретке келтіру (қажет болған жағдайда).

Азирлеудің артықшылығы 1100.1200 Вт-қа дейін өте жоғары беткі қаттылықты қамтиды (70.72 HRC, 60.64 HRC-нен артық емес көмірсутегі бар); 500 ° C жоғары қыздыру кезінде қаттылықты сақтау (200 ° C-тан жоғары емес карбондау кезінде); қабаттың коррозияға төзімділігі. Өнімдердің коррозияға төзімділігін арттыру үшін, қысқа мерзімді нитротация 600.700 ° C температурада (кішкене бөліктер үшін 15 мин, ірі бөліктерде - 6.10 сағ) жүзеге асырылады.

Қатты қабаты жұмсақ өзегіне басылған болуы мүмкін - цементтеу қабаты тереңдігі салыстырғанда кемшілігі ол әлсіз қарсылық жоғары байланыс күйзеліске анықтайды, шағын болып табылады. Сонымен қатар, азотпен байыту кезінде қатты қабаттың қаттылығын жоғалту кернеу концентрациясы болып табылатын созылмаған қабатқа дейін өте қатты төмендейді.

Аса жоғары тозуға төзімділік талап етілетін жабдықтың нақтылығын айқындайтын бұйымдар азоттандыруға ұшырайды: координатолы-жонғыш білдектерінің гильзалары, сондай-ақ кескіш (таңбалаушы) және штампты (тартпалы пуансондары) құралдардың кейбір түрлері.

Нитроцементациялау және циандау. Болат бұйымдардың беттік кабаттарын біруақтылы көміртегімен және азотпен диффузиялық сіңіру процестерін *нитроцементациялау және циандау* деп атайды. Нитроцементациялау газды ортада, циандау — сұйық ортада жүзеге асырылады.

Нитроцементациялау 2... 10 сағат ішінде 840...860 °C температурада көміртектендіргіш газ бен аммиактан тұратын ортада орындалады. Бұл ретте 0,7...0,9 % көміртекті және 0,3,0,4 % дейін азотты қамтитын жуандығы 0,2,0,8 мм болатын қабат алынады (анағұрлым жиі қолданылады). Бұйымды нитроцементациялаудан кейін цементтелетін бұйымдар үшін сияқты термиялау өңдеуге, яғни 800.825 °C дейін суытумен тікелей пештен немесе екінші қыздырудан және 160.180 °C температурада төмен жұмсартудан кейін шыңдауға ұшырайды. Қабаттың қаттылығы 58.62 HRC құрайды.

Газ көмірсутегімен салыстырғанда, нитроцентринг бірнеше артықшылықтарға ие. Төменгі технологиялық температура аустенитикалық астықтың өсуін және үлкен деформацияларды тудырмайды. Кішкентай деформацияларға байланысты нитроармонизация әдетте цементтелген болаттан жасалған кешенді конфигурация бөліктеріне бағынады.

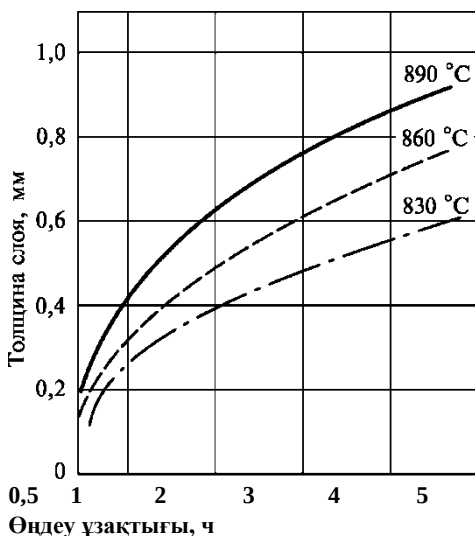
Автомобиль және автомобиль өнеркәсібінде кеңінен қолданылады. Қалдық аустенит үйкеліс бөліктерінің жақсы жұмыс істеуін қамтамасыз етеді (мысалы, автокөлік көлеңкесін үнсіз пайдалануды қамтамасыз етеді).

Цианидтендіру көміртегі мен азоттың қайнар көзі ретінде CN бар: NaCN натрий цианиді, K₄Fe (CN) 6 сары қанты тұзы және тағы басқалары бар балқытылған тұздарда жүзеге асырылады. Цианидтеу өнімдерді балқытылған толтырылған ваннаға сіңдіру арқылы жүзеге асырылады. Алынған қабаттың қалыңдығы процестің температурасына және оның ұзақтығына байланысты (5.27-сурет). Жоғары температура, орташа температуралық және төмен температуралы цианидация бар.

Жоғары температуралық цивилизация 930,950 о C температурада жүзеге асырылады. Бұл температура диапазонында бөлшектердің беті көп дәрежеде көміртегі (0,8,1,2% C дейін) және азоттармен (0,2 ... 0,3% N дейін) қаныққан. Цианизацияланған қабат құрылымы цементтелгенге ұқсас. Жоғары температуралы цианидадан кейін бөліктер ауада салқындатылып, содан кейін судың сөнуі мен төмен температураға ұшырауы мүмкін. Қатты қабаттың тереңдігі 0,5,2,0 мм; Процестің ұзақтығы 1,5,6 сағатты құрайды Жоғары ыстық цианид тозу жағдайында жұмыс істейтін цементтелген болаттан жасалған машиналардың маңызды бөліктері үшін цементтеудің орнына қолданылады.

Орташа температуралық цианидация 30,90 минут ішінде 820,860 ° C температурада жүзеге асырылады. 0,7% C және 0,8 ... 1,2% N. Бар

терендік терендігі (0,15-0,35 мм).



5.27-сурет. Цианирленген қабаттың қалыңдығына және өндеу температурасына тәуелділігі

Төмен технологиялық температура кейіннен цианидация температурасынан тікелей сөндіруге мүмкіндік береді. Шыдамдылықтан кейін төмен демалыстар керек. Цианидтің бұл түрі кішкене бөліктерді қатайту үшін қолданылады.

Төмен температурадағы цианидация 5,20,700 ° C температура кезінде 0,5,3 сағат бойы жүзеге асырылады, бұл қабаттар негізінен азотпен қаныққан. Беткі қабатта, қатты қалыңдығы 0,2-0,5 мм қалыңдығы азотпен қапталған феррит қабаты бар, бетінде қатты қабат (6,20 мкм) Fe₃ (N, C) қатты карбонитрит пайда болады.

Бұл емдеу тозу жағдайында жұмыс істейтін бөлшектерге қолданылады: втулка, кішкентай тісті доңғалақтар, автомобиль қозғалтқыштарының клапан біліктері, сондай-ақ жоғары жылдамдықтағы болаттан жасалған құралдар.

Цементтеуден бұрын цианидацияның артықшылықтары: қысқа процестің уақыты; күшейтілген қабаттың тозуға төзімділігі жоғары; деформация және соғуды азайту; ваннаға құйылған бөліктің тек бір бөлігін қатайтуға мүмкіндік береді.

Процестің негізгі кемшіліктері: жоғары уыттылық және цианид тұздарының құны. Цианидтеу арнайы бөлмелерде жүзеге асырылады, бұл ванналардың айналарынан жақсы сорғышты қамтамасыз етеді.

Диффузиялық металлизациялау - металдармен болаттың беткі қабаттарының диффузиялық қанықтыру процесі.

Алутеу - алюминиймен болаттың бетін толтыру процесі, ол 900 ... 1000 ° C кезінде 3 ... 12 сағатта жүзеге асырылады.

Алюминирлеу нәтижесінде болат жоғары беріктігі (850,900 ° C дейін) және атмосферадағы коррозияға төзімділік пен бірнеше коррозиялық ортаны алады. Құбырлар, түсті қорытпаларды құюға арналған құрал, термопара жабыны, газ құрастырғыш машиналардың бөліктері және т.б.

Хроммен қаптау - хроммен байытылған коррозияға төзімділікті, қышқылға төзімділікті және шкаланың кедергісін (850 ° C дейін) жақсарту үшін жүргізіледі. Орта және жоғары көміртекті болаттардың қаптамасы қаттылықты және төзімділікті арттырады.

Хром 50% металл хром немесе феррохром, 49% алюминий және 1% аммоний хлоридінен тұратын ұнтақ қоспаларында, 1000 x 1050 ° C кезінде жиі өткізіледі. Хромдалған көміртекті болаттардан алынған диффузия қабаты құрамында темір атомдарының белгілі бір саны ерітілген хром карбидтерінен тұрады. Бұл қабат 1200.1300 HV жоғары қаттылыққа ие. Хром қабатының қалыңдығы өңдеу уақыты 6,15 сағатта 0,015,0 020 мм-ге жетеді.

Хром бұмен сумен қамтамасыз ететін арматура, клапандар, клапандар, сондай-ақ коррозиялық ортада жұмыс істейтін бөлшектер үшін қолданылады.

Титанация технологиясы (титанмен қанықтыру) және болат бөлшектерін мырыштау (мырыштың қанықтыру) дамыған.

5.5.3. Беттік шыңдау

Жалпы мәліметтер. Беттік қабаттау технологиясы компоненттің беткі қабатының қатты қаттылығын алу үшін тұтқыр өзегін сақтай отырып қолданылады. Бұл технологиялар дегидраттың беткі қабатын жылдам сыну нүктелерінен айтарлықтай асып кететін температураға дейін негізделген. Бұл жағдайда бөліктің қимасы бойынша температураның біркелкі емес бөлінуі орын алады (5.28-кесте).

Қимасы температура бөлу бар болат бөлігі, тез салқындату, содан кейін біз (5.3.1 бөлімді және 5.15-суретті қараңыз) мынадай құрылымын алуға болса:

- қабаты беріктендіру аяқтау ұшыраған АЗ, аймағында (.. қараңыз сурет 5.28), жоғарыда қызады, мартенсит құрылымын және жоғары

қаттылық алады;

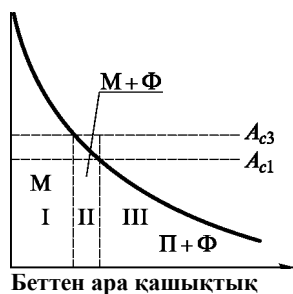
- қабаты АС1 жоғарыда қызады, бірақ АС3, II аймағында төмен, жартылай беріктендіру, оның құрылымы ұшырайды - феррит сомасының бетінен қашықтығы бастапқы дейін gas-ti және қаттылығы төмендеуі, онда, мартенсит және ферритті;

- негізгі, III аймағы АС1 төменде қыздырылады және салқындату бойынша кез-келген өзгерістерге ұшырайды емес, оның бастапқы қаттылығы болат қатаңдығына сәйкес келеді.

Таблица 5.2

5.28-сурет. Беттік жылыту кезінде бөліктің көлденең қимасы бойынша температураны бөлу::

М — мартенсит; Ф — феррит; П — перлит



Өтпелі қабаттың болуы (II аймақ) жер бетіндегі қаттылықтың бөлшектердің өзегіне дейін біркелкі төмендеуін қамтамасыз етеді; қаттылық күрт төмендеген кезде туындайтын кернеулердің

концентраторларының пайда болуын болдырмайды.

Бұл сөндіру үшін металлдың беткі қабаттары Ас3-ге қарағанда әлдеқайда жоғары қызады, бірақ бұл қызып кетудің өте жоғары болуына әкеліп соқтырмайды, өйткені аустенит дәнінің өсіп жететін уақыты жоқ. Бетінің беріктігін арттыру өте тиімді, қызу уақыты ХТӨ қарағанда шамалы емес - секундтың өлшеміне байланысты секунд немесе минут. Егер бетінің беріктігінің ұзақтығы механикалық өңдеу жұмыстарының ұзақтығына сәйкес болса, оны механикалық шеберханаларда өткізуге болады. Бұл ауқымды өндіріс үшін маңызды, себебі ол технологиялық үдерісті толығымен автоматтандыруға мүмкіндік береді, бұл жалпы ағынның бөліктерін шығарады.

беті жылыту ең көп тараған әдістері электр тогын, электр байланыс жылыту, лазерлік жылыту өту кезінде индукциялық қыздыру токтар және оттегі-ацетилен жалын қуаты жоғары жиілікті жылу, су электролит жылыту табылады.

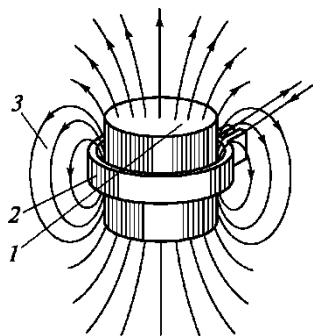
Жоғары жиіліктегі токтармен индукциялық қыздыру. Бұл технология өнеркәсіпте кеңінен қолданылады. жоғары жиілікті жылу токтар (HDTV) айнымалы магнит өрісінде орналасқан бөлігінде ток келтіру, жылу әсерінен жүзеге асырылады.

Индукциялық жылу жүрегінде электромагниттік индукция құбылысы табылады. Ауыстырылатын электр тогының тұйық ток тізбегіне өтетін кезде, айнымалы магнит өрісі пайда болады. орында болса, айнымалы магниттік өріс басқа дирижер, индуктор (далалық) сияқты бірдей жиілікті электр тогын индукцияланған бар.

Өнеркәсіптік қондырғыларда схема мыс саңылауларының немесе шинаның бір немесе бірнеше айналымдары болып табылады. Бұл индуктор деп аталады (5.29-сурет). индуктор sozdaet—sya жоғары жиілігі арқылы электр тогының ағыны, оның күш сызықтары индуктор элементіндегі орнатылған 3 еніп айнымалы магниттік өріс кезде индуктор 2. орналастырылған жаппай дирижер элементті 1, жылыту үшін.

5.29-сурет. ТВЧ индукциялық қыздыру схемасы:

1 — бұйым; 2 — индуктор; 3 — магнитті өрістің күштік сызықтары



Нәтижесінде компоненттің беткі қабатында құйынды ағымдар пайда болады (Фуко ағымдары), бұл қабаттың контактсыз түрде жоғары температурадағы қызуына әкеледі.

Өнім бөліміндегі ағымдағы тығыздық бірдей емес. Беттік қабаттағы негізінен жоғары жиіліктегі токтар ағып тұрады. Бұл құбылыс бетінің әсері деп аталады. Ағымдардың өнім бөлігіндегі біркелкі емес таралуы біркелкі емес қыздыруға әкеледі: беткі қабаттар өте жылдам қызады, ал ядро тек қыздырылмайды немесе тек болаттың жылу өткізгіштікпен қызады.

Жылытылатын (қыздырылған) қабаттың жуандығы у келесі форумалы бойынша анықталады, мм,

$$y = 5030 - 4t^{\wedge}/p/ (mf),$$

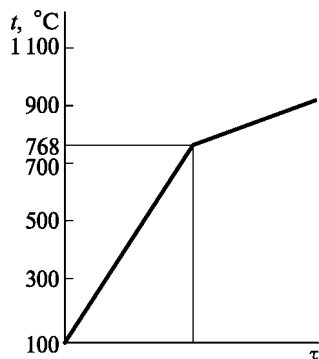
мұнда p — үлестік электрлік қарсылық, Ом • м; m — магниттіөткізгіштік, Гн/м; f — ток жиілігі, Гц.

Формуладан ток тогының соғу жиілігі соғұрлым жоғары болады, бұл азайған қабаттың қалыңдығы аз болады. 1 мм қалың қабатты алу үшін, оңтайлы ток жиілігі шамамен 2 кг, шамамен 15 кГц және шамамен 4 кГц 4 кг үшін 60 кГц болуы керек. Ток жиілігі жоғары жиілікті генератордың түрімен анықталады. Жартылай өткізгішті (тиристор) және машина генераторлары 0,5 - 10 кГц жиілікте жартылай өткізгіш ток береді, шамдар - 60,440 кГц.

Суды сөндіруге арналған индукциялық жылудың маңызды ерекшелігі оның жоғары жылдамдығы - 100,1000 ° С / с.

Кюри нүктесінен (768 ° С) жоғарырақ температура кезінде магнит қасиеттерінің жоғарылауына байланысты ферромагниттен парамагнетикалық күйге көшуіне байланысты азаяды (5.30-сурет).

Жоғары жиілікті токпен жылыту жылдамдығы пештерде жылу жылдамдығынан бірнеше есе жоғары. Сондықтан перлит аустенитке айналу жоғары температураларға ауысады.



5.30-сурет. Индукциялық қыздыру кестесі

Таблица 5.2

Фазалық айнаымалылардың температурадағы қызу жылдамдығы неғұрлым жоғары болса, соғұрлым судың температурасы оңтайлы құрылымды алу және максималды қаттылықты жоғарылату керек. Мәселен, қыздырғанда жылытылатын кезде, болаттың температурасы $0.4\% \text{ C } 840 \dots 860^\circ \text{ C}$, қыздыру температурасын $250^\circ \text{ C} / \text{с} - 880 \dots 920^\circ \text{ C}$ температурасында жылыту кезінде және 500° C жылыту жылдамдығы кезінде $\text{S} / \text{с} - 960 \dots 1020^\circ \text{ C}$.

Жоғары шынығу температурасы қарамастан, әсер-ды қалыпты сөндіру кезінде кішірек HDTV қыздырғанда аустенит астық өлшемін. Бұл жоғары қызу жылдамдығына және изотермиялық қартаюдың болмауына байланысты.

Ұсақ инелі мартенсит көшу қабаты - мартенсит және феррит, және негізгі бастапқы құрылымын (5,28 суретті қараңыз) бар шындалған қабаты: индукциялық қимасы құрылған өнімдері түрлі микроқұрылымын астам беріктендіру кейін. HDTV-нің қатаюынан кейінгі бөліктің үстіңгі қабаттары дәстүрлі беріктен кейін компонентке қарағанда қаттылықты жоғарылатады. Осылайша, $0,4\%$ болат табандылық $\text{C } 52,54 \text{ HRC}$ сусымалы сөндіру және $56. 58 \text{ HRC}$ HDTV сөндіру артық емес.

HDTV-ні қатайтқан кезде салқындату сұйықтықты салқындату сұйықтығына құйып немесе душ құрылғының көмегімен (шашыратқыш) көмегімен салқындатқыш сұйықтықпен шашыратып салынады. сұйықтықты салқындату әдетте қыздырылған су болып табылады ретінде пайдаланылатын ($^\circ \text{ C } 30,40$) немесе эмульсия болып табылады.

Бөлшектердің конструкциясына және өлшеміне қарай әртүрлі қыздыру әдісі пайдаланылады:

индуктор бүкіл бөлігін қамтиды, онда • бір мезгілде жылыту сұйық немесе бүріккіштің тиелген салқындату шығаратын, (мысалы, втулки шағын биіктігі, ұсақ тісті) шағын бөлшектер N-барит үшін пайдаланылады;

(Мысалы, қону мойын біліктерді беріктендіру) ол бүкіл бір бөлігі болып табылады, цементтеу қажет болған • дәйекті (баламалы) жылыту қолданылады, бірақ тек кейбір оның бөліктерінің;

• Ұзақ бөліктерді нығайту үшін үздіксіз дәйекті әдіс қолданылады. Бұл жағдайда дөңгелек секция өз осі бойынша айналады және стационарлық индуктивті және шашыратқышқа қатысты жоғарыдан төменге қарай жылжиды. Кейде, керісінше, индуктивтілік және дайындауды (машинаның қасарыстырып жазық нұсқаулықтары) салыстырмалы бүріккіш жылжиды туралы. Бөліктің (немесе индуктордың) қозғалыс жылдамдығы $0,3 \dots 3,0 \text{ см} / \text{с}$. Үздіксіз-дәйекті әдіс біліктер, біліктер, қорғасын бұрандалары және т.б.

ТВЧ жылытуды сөндіргеннен кейін, бөлшектер қатты бетінің қатты қаттылығын сақтау үшін 160 200 ° С температурада төмен температурада қолданылады. Шығу электр немесе газ пештерінде орындалады. Кем әдетте айтарлықтай төмен қыздыру жылдамдығы (15.20 ° С / с) индукциялық қыздыру токтар коммерциялық жиілігін (50 Гц) пайдаланылады.

Жоғары жиіліктегі токтармен қоректендіру көбінесе 0,40 ... 0,55% көміртегі бар құрылымдық орта-көміртекті болаттан жасалған бөлшектерге жатады. Легирленген болаттар сирек пайдаланылады, өйткені бетінің беріктілігі беріктігі артуды қажет етпейді.

Қатты қабаттың тереңдігі әдетте 0,8 деңгейінде белгіленеді. 1.2 мм. Бұл қабат қатты қаттылыққа ие. Феррит-перлиттік құрылымына негізгі жеткілікті беріктігі қамтамасыз етеді және өсіп қаттылығын және күш бар перлит олардың құрылымындағы көміртектенуін қарағанда, өйткені осы болаттар үлкен көміртегі мазмұны көміртектенуін бөліктері (қарағанда жоғары беріктігі бар ферритпен салыстыру). Сонымен қатар, егер қажет болса, қатаюдан бұрын, ТВЧ ядролық материалды жақсартады (қатайтушы және жоғары температура) немесе қалыпқа келтіреді..

Осылайша, ТВЧ қатаюы әсіресе тозу, динамикалық және ауыспалы жүктемелер (тісті берілістер, біліктер және т.б.) жағдайында жұмыс істейтін ауыр бөліктерді дайындау үшін тиімді. Жоғары жиіліктегі токтармен 2-2,5 есе азайту төзімділік шегін арттырады. Бұл беттік қабаттағы үлкен қысымды кернеулердің пайда болуына байланысты. Олар жұмыс кезінде пайда болған, қауіпті жұмыс кернеулерін төмендетеді.

Сондай-ақ, беріктендіру көміртекті және легирленген құрама болаттардан (файлдар, аралау дискілері) жасалған кескіш аспаптарға бағынады. HD және төменгі температурадан кейін, бетон құрылымы мартенсит, цементит қайталама және қаттылық - 62,65 HRC. Негізгі перлит пен цементит құрылымын сақтайды.

Түрлі конструкцияларын индуктордың пайдалану (сур. 5.31) сөндіру ТВЧ дөңгелек және жалпақ екі бөліктерін болады.

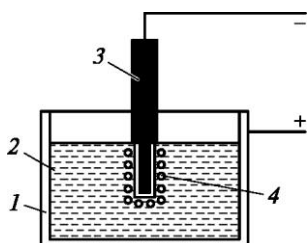
ТВЧ индукциялы жылытумен қаттылдау келесі артықшылықтарға ие:

- жоғары қыздыру жылдамдығынан жоғары өнімділік;
- бұқаралық және ірі көлемдегі өндірістегі маңызды процесті автоматтандыру мүмкіндігі;
- жергілікті жылу мүмкіндігі;
- қысқа қыздырылу уақытынан (секунд) байланысты дезарабизации болмауы;
- Деформациялар (шиқылдау), топырақ қабатының тек қыздырылғандығынан, топырақты қатайтуға қарағанда әлдеқайда аз;

- дайындамадағы қаттылықты қолайлы түрде бөлу.

Негізгі кемшіліктер: пайдалану мүмкін еместігі күрделі конфигурация туралы мәліметтер, сондай-ақ жабдықтардың жоғары құны.

ТВЧ қатаюы арқылы қатайтылған бөлшектерді өндірудің типтік технологиялық процесі:



Сур. 5.32. Электролитте қыздыру:

1 — ванна; 2 — электролит;
3 — бұйым; 4 — су құбыры көпіршіктері

- Дайындау операциясы;
- Алдын ала механикалық өңдеу;
- жақсарту (шыңдау + жоғары жұмсарту);
- жартылай таза механикалық тазалау (ажарлауды коса);
- ТВЧ қатайту (ұсақтауға арналған шығындарды есепке ала отырып сызбаға қарағанда тереңірек);
- төмен жұмсарту;
- соңғы өңдеу.

Электролиттегі беріктендіру. Беткі кабаттандырудың бұл түрі катодты қыздыру әсері деп аталатын физикалық құбылысқа негізделген.

Электролит ванна 1 2 (кальцийленген сода 5 ... 10% ерітінді) қандырды элементті 3 (сур. 5.32) түсірілсе.

Тұрақты ток көзін 220 теріс полюсі қосылған Detail. 250 В, моншаның корпусы - оң полюске дейін. электролит арқылы электр тогы өтетін электролит диссоциациялану жүреді, және оң электр ағымдағы беті бөліктерін жылынып, жоғары температураға дейін қызған кезде 4. Сутегі, сондықтан, жоғары төзімділігі бар сутегі жейдесін қалыптастыру бөліктерін тастап сутегі иондары тапсырды. Бөліктің беткі қабатын қажетті температураға дейін қыздырғаннан кейін ток ағып кетеді және салқындатқыш құрал - бұл технологиялық мүмкін болатын электролит.

Электролит кезінде беріктендірілген кезде температура біртіндеп оның бөлігінің бетінен ядроға түседі, бұл қалдықты созу стрестерін азайтады және беріктендіру сызаттарының пайда болуына жол бермейді.Қаттылықтың нәтижесінде мартенсит беткі қабатта алынады, ал сорбит тәрізді перлит пен феррит ядродан алынады.

Контакттілі жылу арқылы бетінің беріктігін арттыру. Жылыту трансформатордан 2-ден 8 В-қа дейінгі электр тогының 1-бөлігіне және диаметрі 200 ... 300 мм және 10 ... 15 мм ені бар мыс роликке жеткізілуіне байланысты жүзеге асырылады (5.33-сурет). Жер үсті жылыту мыс роликтің контакті нүктесінде және бөлігінде шығарылған жылудың салдарынан жүзеге асырылады. Роликтің ені бойынша ағымдағы тығыздық 1500,5000 А / мм құрайды.

Дайындау материалы айналады және мыс роликті жылжытады. Жылытылған бөлімнен кейін 5,8 мм / с жылдамдықпен жылжытады. Жылытылған бетті салқындату роликтің артындағы бүріккіштен жасалады.

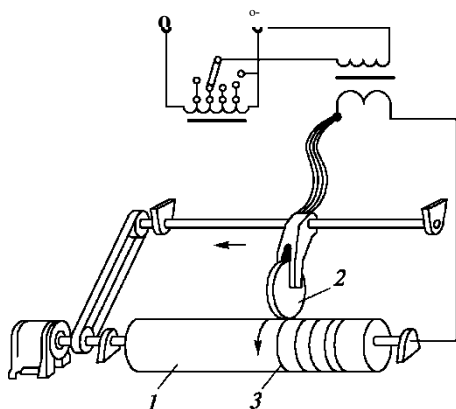
Беттік беріктендіру әдісі тек революцияның органдарына ғана қатысты, ол оны пайдалануды айтарлықтай шектейді.

Газды жалынмен жылыту. Мұндай қыздыру арнайы қыздырғыштың көмегімен ацетилен-оттегі жалыны арқылы жүзеге асырылады. Ыстық жану өнімдері қыздырғыштың шашатын тесіктерінен (сурет 5.34) 100 м / с жылдамдықта пайда болады. Жалынның жоғары температурасы (2400.3150 ° С) арқасында, өнімнің беті тез сіңіп кету температурасына дейін қызады, ал ядро қызғанша уақыт жоқ.

Сурет. 5.34. Жоғары жылдамдықты қыздырғыш:

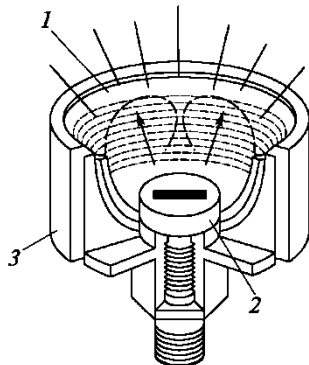
1 - рефлектор; 2 - шашатын;

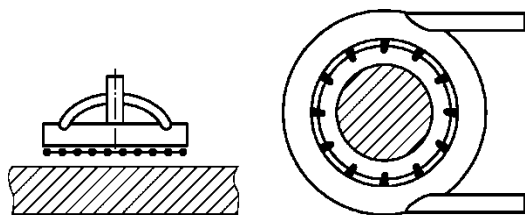
3 - корпус



Сурет. 5.33. Беттік байланыс электрлі қыздыру контуры:

1 - бөлік; 2 - мыс ролик; 3 - қыздырылған қабат





Сурет. 5.35. Тегіс (а) және цилиндрлік (б) беттерді қатайтудың кеңестері

Қыздыру қабатының қалыңдығы (әдетте 2 ... 4 мм-ге тең болады) қыздырылған бөлікке қатысты жылу қозғалыс жылдамдығымен және өртелген газ қоспасының тұтынылуымен реттеледі. Дайындаманың конфигурациясына байланысты қыздырғыштардың әр түрлі пішінді ұштары болуы мүмкін (5.35-сурет). Жылытудан кейін тез суыту суда батыру арқылы және көбінесе бүріккішпен жүзеге асырылады.

Жіңішке беткі қабаты (0,5 ... 1,0 мм) мартенсит құрылымын сатып алу арқылы тоқтатылады, қаттылық 56 HRC дейін, базалық қабаттар құрылымы мартенсит және тростит болып табылады. Негізгі ядроның бастапқы құрылымын (феррит пен перлит) және бастапқы қаттылықты сақтайды. Газбен жалынмен қаттау қаттыдан деформацияны азайтады және тотығу іздерінсіз таза бетті сақтайды. Қаттылығын бастамас бұрын бөлшектер жыртылған немесе қалыпқа келтірілген.

Кейбір жағдайларда жалынның беріктенуі - бетінің қатты қаттылығын алудың жалғыз жолы (мысалы, өте үлкен бөліктер). Газды жалынмен жылыту үлкен бөліктерді қатайту үшін кеңінен қолданылады, мысалы, металлургиялық жабдықтар (роликті орамалар, роликтер, түзеткіш парақтарға арналған роликтер және т.б.), сондай-ақ жөндеу өндірісінде.

Лазерлі қыздыру. Бөлшектер қатты күйдегі (оптикалық) немесе газ (CO₂) лазермен қызады. Лазерлік сәуле өте қатты таралатын жарық сәулесі арқылы таралады, ол қатты бөлшектердің бетінде жылу түріне айналады. Оптикалық лазер импульсті қыздыруға және үздіксіз қыздыру үшін газ лазерлеріне мүмкіндік береді. Бөліктердің бетінде импульстік сәулелену кезінде 5 мм дейін диаметрі бар беріктендіру нүктелері пайда болады; Үздіксіз - ені 3 мм-ге дейінгі жолақ.

Барлық бетті жылу үшін, бөлік лазер сәулесіне қатысты жұмыс жасайды. Бұл жағдайда, жұмыс жағдайына байланысты, сөндіру қыздырылған сызықтарды (дактарды) бір-біріне жабыстырып немесе өткізбестен жүзеге асырылады. Лазерлік сәуле әсерінен бөліктің беті өте жылдам қызады (10-7 ... 10-3 с) жоғары температураға дейін. Температураның төменгі қабаттарға бөлінуі жылу өткізумен байланысты. Лазерлік сөндіруге мәжбүрлеп салқындату талап етілмейді, қыздырылған бөліктердің беріктенуі металлдың ішкі бөлігіне жылуды қарқынды алып тастаумен байланысты.

Үздіксіз радиацияның лазерлері жоғары өнімділікті қамтамасыз етеді, қатайтылудың біркелкілігі және күрделі беттерді өңдеуге мүмкіндік береді. Қаттылық қабаты қалыңдығы 0,3 ... 1,0 мм.

Лазерді нығайту бөліктердің жекелеген беттерін, сондай-ақ тозуға төзімділік пен шаршау күшін анықтайтын күрделі пішіннің бөліктерін қатайту үшін қолданылады, және басқа әдістермен бетінің беріктігін арттыру қиын.

5.6. Термиялық өңдеу кезінде қыздыру және салқындату шарттары

Дайындамаларды жылыту. Металл беті жылытылған кезде, белсенді, дәстүрлі және қорғаныш бөлінген жылу тасымалдағыштарына байланысты.

Белсенді медиа химиялық-термиялық өңдеуді орындау кезінде пайдаланылады, олар жоғарыда қаралған (5.5.1-бөлімін қараңыз).

Әдеттегі ортаға ауа - электр пештерінің атмосферасы мен газ жану өнімдері - газ пештерінің атмосферасы кіреді. Осы бұқаралық ақпарат құралдарында қызған кезде, метал пештің атмосферасына жауап береді. Болаттың тотығуы 200 ° C-тан басталады (бір мезгілде түстің түстері пайда болады). Температураның жоғарылауы тотығуды күшейтеді және масштабтың пайда болуына себеп болады - темір металдан жасалған негізгі металлдарға нашар байланған темір тотықтары пайда болады. 700 ° C жоғары температура кезінде болат құймаларының бетінің декорбациясы басталады. Бұл процестер неғұрлым қарқынды дамып, температура неғұрлым жоғары болса және ұстап тұру ұзағырақ болса. Сондықтан, әдеттегі атмосфералық пештерде қызған кезде, металдың жоғары температурада болу уақытын азайту ұсынылады.

Қорғаныс ортасы болатты тотығудан, масштабтаудан және дезарлаудан қорғайды. Өнеркәсіпте газ және сұйық орталар қолданылады.

Газдың эндотермиялық және экзотермиялық атмосферасы ауамен белгілі бір қатынаста табиғи газды жағу арқылы алынады. Бұл

атмосфералар 650.1100 ° С температура кезінде термиялық өңдеуді жүзеге асыруға мүмкіндік береді, ал преформалардың жеңіл беттерін сақтайды. Дегенмен, олар әмбебап емес, өйткені кейбір термиялық өңдеу жұмыстары төмен температураларда (мысалы, болаттардың қаттылығын), ал басқалары, керісінше жоғары температура кезінде орындалады.

Қорғаныс ортасы - инертті газдардан тұрады - атмосфера, аргон, гелий. Алайда, олардың құны жоғары болғандықтан, олар кеңінен қолданылмайды.

Өнеркәсіпте вакуумдағы жылу кеңінен қолданылады, бұл тотығудан және декорбемациядан сенімді қорғанысты қамтамасыз етумен қатар, металды газсыздандыруға да ықпал етеді.

Газ тәрізді бұқаралық ақпарат құралдарында жылытудың іс жүзінде барлық түрлері үшін жылыту жүргізіледі: күйдіру және қалыпқа келтіру, сөндіру және температура.

Сұйық медиа жылу және салқындату құралдары ретінде пайдаланылады. Олар суды сөндіру, температурадан тазарту, сондай-ақ суды сөндіру кезінде салқындату үшін қолданылады, мысалы изотермиялық сөндіру кезінде (5.15 суретті қараңыз).

Шыңдау қоспалардың құрамы мен жұмыс температурасы төменде берілген:

Қоспа құрамы, мас. % Қолдану Температуры °С

BaCl ₂ (65 %) + KCl (30 %) + NaCl (5 %)	750... 850
BaCl ₂ (83 %) + BaF ₂ (17 %)	900... 1 100
BaCl ₂ (95 %) + MgF ₂ (5 %)	950... 1350
BaCl ₂ (100 %).....	1020.1320

Бір жағынан, балку нүктесімен шектелген әртүрлі температура диапазонында кейбір композицияларды келтірейік, ал екінші жағынан - қайнау температурасы бойынша және әртүрлі жылу өңдеу операциялары үшін пайдаланылады.

Осылайша, 45% NaNO₃ және 55% KNO₃ тұратын қоспасы 160: 650 ° С температура диапазонында жұмыс істейді, ол барлық түрлердегі (төмен, орташа және жоғары) температура температурасын қамтиды.

Кеуіп кететін қоспалар өте кең температура диапазонын қамтиды, оларды пайдалану кез келген болатты қатайтуға мүмкіндік береді. Мысалы, 750.850 ° С-тан алдын ала эвтектоид пен гиперэтекоид көміртегінің қатаюы орындалады.

Жылыту уақытын таңдаңыз. Пештегі бөліктерді табудың жалпы уақыты белгіленген температура мен осы температурада ұстау уақытына дейін қыздыру уақытынан тұрады.

Жеткілікті реттелетін уақыт теледидар тұрғандары, ол мүмкін емес, жалпы уақыт бұл компонент өзгерту сонша, дайындамалар бүкіл көлемінің (аустените перлит, мысалы, толық конверсия) өтеді, құрылымдық өзгерістер анықталады.

Алдын ала белгіленген температураға дейін қыздыру уақыты Т өзгертілуі мүмкін, жалпы уақыт осы компонент көптеген факторларға тәуелді болып табылады.

Ең алдымен, металды қыздыру жылдамдығын әртүрлі технологияларды қолдану арқылы өзгертуге болады. Ең жоғары жылдамдық HDTV-ты $1000^{\circ}\text{C} / \text{с}$ дейін қыздыру арқылы қамтамасыз етіледі. сұйық ортада (балқытылған тұз) жылу жылдамдығы шамамен $10^{\circ}\text{C} / \text{с}$, және ауада (газ) бар пештерде табылады атмосфера айтарлықтай төмен - шамамен $1^{\circ}\text{C} / \text{с}$. Алайда, барлық қыздыру әдістерінің барлығы әмбебап болып табылмайды, сондықтан олар өзара алмастырылмайды.

Ең жоғары жылдамдық жер үсті жылыту технологиясымен қамтамасыз етілген. Дегенмен, оларды пайдалану негізінен жер үсті сөндіруге шектелген. Ол сондай-ақ, негізінен, олар қабілеті және демалыс үшін пайдаланылады әмбебап сұйықтар, емес. термоөңдеу барлық түрлері жүзеге асырылады пеші, - Ол газ (вакуум) орталарда ең әмбебап жабдықтар болып табылады.

Қорғаныш атмосфераны пайдаланған кезде, жалпы жылу уақытының өсуі соншалықты маңызды емес. Керісінше, дәстүрлі атмосфералық пештерде қызған кезде, теріс құбылыстарды азайту үшін (тотығу, декарорбизация және т.б.) аз болуы керек. Дегенмен, жылу жылдамдығын ерікті түрде арттыру мүмкін емес, бірқатар факторларды ескеру қажет: болаттың химиялық құрамы, бөлшектердің өлшемдері және дизайны,

Ең алдымен, оның химиялық құрамына байланысты болаттың жылу өткізгіштігін еске түсіру керек. Төмен жылу өткізгіштігі бар болаттардың жылдам қызуы кернеулердің пайда болуына себеп болады, сонымен қатар бөліктің және ядраның бір мезгілде өтетін көлемінің өзгеруіне байланысты. Сондықтан допелге қарағанда жылу өткізгіштікке ие болатын көміртекті болаттар тез қыздыруы мүмкін.

Сонымен қатар, қыздыру жылдамдығы бөліктің дизайны бойынша анықталады. Қарапайым пішін туралы егжей-тегжейлі қызып кетуі мүмкін, бұл секцияның температурасы төмендейді. Жылдамырақ болатындай, болаттардан жасалған бөлшектер біртекті құрылыммен қыздыруы мүмкін.

Қыздыру жылдамдығы бір мезгілде жылытылған металдың (зарядтың) массасына және пеш ішіндегі бос жерлердің орналасуына байланысты. Бұл пештің көлемі бойынша температура айырмашылығы айтарлықтай болуы мүмкін - жылытқыштарға жақын бөлшектер

жылдамырақ қызады.

Термоөңдеу тәжірибесінде жұмыс регламентінің қыздыру жылдамдығын қамтамасыз ететін режимдер қолданылады.

Пештің көмегімен бөліктердің баяу жылытуы (бөлшектер суық пешке салынған) ірі мөлшердегі құймалар мен легирленген болаттардың құйылуы үшін қолданылады. Бланкілерді конфигурациялау неғұрлым күрделі болса, жылуды баяулатады. Осы технологиямен жылыту уақыты ең ұзын.

Жылытуды жылдамдату түрлі жолдармен жүзеге асырылады. Ағаштар қажетті температураға қыздырылған пешке орналастырылады. Жылыту уақыты азаяды, бірақ жұмыс бөлігіндегі температура мен жылу кернеулерінің артуы артады. Температура техникамен талап етілгеннен әлдеқайда жоғары пешке салынған болса, жылдамырақ орнатылған температураға дейін қызады. Бланктер қызып кетпейді, өйткені олар пешке қойылғанда, температура күрт төмендейді. Содан кейін белгіленген температураға дейін қыздыру тез жүреді, бірақ жұмыс бөлшектерінің бөлігіндегі температура айырмашылығы артады, демек термиялық кернеулер артады.

Температура айырмасын азайту үшін алдын ала қыздыру арқылы қыздыру керек. Бұл үшін екі пештер қолданылады. Алғашқы пештің температурасы қажет болғаннан төмен - ол қызады, содан кейін бұйымдар соңғы жылытуға арналған екінші пешке ауыстырылады. Бұл әдіс сұйық қыздыру құралдарын қолданғанда да қолданылады. Атап айтқанда, жоғары температурада (1200 ° C-тан жоғары) жоғары жылдамдықтағы болаттан жасалатын аспаптардың беріктенуі жүргізіледі. Алдын-ала қыздыру, құралдың осындай жоғары температурада ваннаға орналастырылған жылытусыз дереу болған жағдайда пайда болатын деформацияларды болдырмау үшін қажет.

Дайындамаларды салқындату. түрлі термоөңдеу операцияларды жасау кезінде, салқындату жылдамдығы айтарлықтай айырмашылығы - өртеуге кезінде өте баяу кейбір болаттарды қандырып өте тез қажет үшін. Бұл жылдамдықты салқындату жүргізілетін орта бақыланады.

Пештің көмегімен бланкілерді салқындату, яғни. өте баяу, күйдіру барысында пайда болды. Термиялық өңдеудің барлық басқа операциялары үшін салқындату жоғары жылдамдықпен жүзеге асырылады. Пештен әлдеқайда жылдамырақ ауаны салқындату орын алады, ол қалыпқа келтіріледі, сондай-ақ қатты тұрақтылықпен (ауаны қатайтатын болаттар) тотықтыратын болаттар үшін қолданылады.

Түбегейлі, прокаливаемости *opredelyaetsya* болаттарды қандырып кезінде салқындату жылдамдығы. Неғұрлым жоғары болса, онда баяуырақ суытуды салқындатуға болады (5.5 суретті қараңыз). Сондықтан әртүрлі болаттар үшін сұйытылған сұйықтықтар басқа салқындату жылдамдығын қамтамасыз етеді.

Түрлі орталарда болатты салқындату жылдамдығы

Орта	Салқындату жылдамдығы, °C/с, температура, °C		Орта	Салқындату жылдамдығы, °C/с, температура, °C	
	550...650	300.200		550.650	300.200
Температурадағы су, °C: 10 30 45	600 500 100	270 270 2700	Судағы май эмульсиясы	70	200
			Май:		
			машиналық трансформаторлық	150 120	30 25
10%-дық су ерітіндісі: NaOH NaCl	1200 1100	300 300	Ауа: бір қалыпты қысыммен	3 30	1 10

Қаттылдау орталары. Салқындату (сөндіру) ортасы оның бұзылуын болдырмау үшін 550 ... 650 ° C температурада 550 градусқа дейін жоғары суланған аустенит тұрақтылығының төменгі температурасында болуы керек (5.6 суретті қараңыз). Керісінше, мартенситикалық трансформация Mn-Mk температура ауқымында, беріктендіру кернеулерін азайту үшін баяу салқындату қажет. Сұйылтқыш құралдарды термиялық өңдеу тәжірибесінде ең жиі қолданылатын сипаттамалар 5.2-кестеде келтірілген.

Су және су ерітінділері арзан және кеңінен бөлінген салқындатқыштар. Олардың артықшылығы - аустенитаның ең төменгі тұрақтылығының аймағында салқындатудың жоғары жылдамдығы, сонымен қатар күйзеліс мартенситикалық трансформация аймағында жоғары салқындату жылдамдығы болып табылады (5.2-кестені қараңыз). Оларды пайдалану қатты қабілетін арттырады, бірақ деформациялар мен жарықтар ықтималдығын арттырады. Су көміртекті болаттарды қатайту үшін қолданылады.

Судың қаттылығын байқаған кезде қаттылықтың анық болуы мүмкін (5.3.4-бөлімін қараңыз). Сұйықтық ретінде, булану жоғары температурасы тұздар мен сілтілер сулы ерітінділері, бұл алдын алу үшін. Алайда, суыту жылдамдығы күрт артады (5.2-кестені қараңыз), ол сөндіру кернеулерінің үлкен мәнін анықтайды.

Майлар сөндіру кернеулер мен деформациялардың азаюына әкеледі салқындату жылдамдығы ауқымды МН- Mk, айтарлықтай қысқарту қамтамасыз етеді. Алайда, бұл (қараңыз. 5.2-кесте). Қайта салқындатумен аустенит тұрақтылықтың ең төменгі ауқымында салқындату, Сондықтан жоғары берік емес, көміртек бар легіріленген болаттарды сөндіру пайдаланылатын мұнай баяулатады.

Су эмульсия (суға өте аз сұйық тамшылардың құралған эмульсия) мұнай және су 30 температурасы ... 40 ° C vintervale 650 салқындату жылдамдығын азайтады ... 550 ° C (. кестесін қараңыз. 5.2) және, осылайша, штамм ықтималдығы, сонымен қатар беріктігі төмендейді. Бұл баспа материалы тек бөліктің беткі қабатын қатайту қажет болғанда HDTV-ні қатайту үшін қолданылады.

Терең қабілеті бар болаттар үшін бұл бірнеше жылдам салқындату үшін қажет болған, қысыммен өте төмен салқындату жылдамдығын, немесе ауаны қамтамасыз орта тыныш ауаны, қандырып ретінде пайдаланылады (5.2-кестені қараңыз). Екі жағдайда да сөндіру кернеуі өте аз.

Металл плиталар астында салқындату да төмен жылдамдықпен жүреді. Мұндай салқындату деформация (5.3.4-кіші бөлімін қараңыз) жоқ жүзінде қамтамасыз түзету мен қатаю қабілеті біріктіреді. температура диапазоны МН- Мк - Бұл технология, мысалы, бірінші жылы-мұнай (650.550°C ауқымында салқындату жеделдету), содан кейін пластиналардың бойынша екі ортада қандырып кезінде болат немесе терең серпімді үшін пайдалануға болады.

Ірі өлшемді бөлшектерді қатайту кезінде су-ауа қоспалары қолданылады. Оларды арнайы саңылаулар арқылы жібереді. Араластың салқындату қабілеті судағы судың мөлшеріне және ауа қысымының қарқындылығына байланысты.

Салқындатқыш сұйықтықтар сияқты полимерлердің су ерітінділерін қолдану су мен мұнайдағы салқындату жылдамдығы арасындағы кең ауқымдағы салқындату жылдамдығын өзгертуге мүмкіндік береді. Олар массасы мен беткі қабатының қатаюына қолданылады.

Көптеген құрылымдық болаттар үшін Мп температурасы 170 ... 330°C. Мп нүктесінен сәл жоғары температурада сіңдіру арқылы жүзеге асырылатын олардың изотермиялық сөндіруі үшін тұздардың балқуы қолданылады. Атап айтқанда, 160,650 ° C диапазонында жұмыс істейтін NaNO₃ (45%) және KNO₃ (55%) араласқан қоспасы пайдаланылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Жылулық өңдеу дегеніміз не?
2. Болаттан жасалған сыни нүктелер дегеніміз не?
3. Эвтектоидті және гипереутроидты болаттардың сыни нүктелері қандай? Диаграмманың қандай сызықтары орналасқанын көрсетіңіз.
4. Қыздыру мен салқындату кезінде безде қандай өзгерістер орын алады?
5. Сыни нүктелерге қызған кезде қандай өзгерістер орын алады?

6. Қандай схема түрлі салқындату жылдамдығымен болатқа айналуы сипаттауға мүмкіндік береді?

7. Болаттың (меруерт) баяу салқындату процестерін сипаттаңыз.

8. Болаттың (мартенситикалық) жылдам салқындату процестерін сипаттаңыз.

9. Болаттың жылу өңдеуінің негізгі операцияларын атаңыз.

10. Күйік деген не? Оның мақсатын көрсетіңіз.

11. Қалыптандыру дегеніміз не? Әртүрлі композициялардың болаттарына арналған осы операцияның мақсаттарын көрсетіңіз.

12. Қиындық деген не? Қаттылықтың мақсаттарын көрсетіңіз.

13. Қаттылдау және төзімділік дегеніміз не? Олар болаттардың құрамына қалай тәуелді?

14. Неге күйзеліс кернеу пайда болады? Олар не істей алады?

15. Стрессті қалай азайтуға болады? Судың кернеуін төмендету әдістерін анықтаңыз. Бөлшектің құрылымы беріктендіру кернеулеріне қалай әсер етеді?

16. Демалыс дегеніміз не және неге бұл?

17. Демалыс мақсаттары қандай мақсаттарға арналған демалыстардың түрлері болып табылады? Жақсарту қандай?

18. Қандай беті қатайтатын технологияларды білесіз?

19. ХТО-ның негізгі түрлері қандай?

20. Карменизация дегеніміз не? Цементтеуден кейін қандай температуралық өңдеу қажет?

21. Нитрлеу дегеніміз не? Нитрлеуден бұрын қандай термиялық өңдеу жүргізіледі, оның мақсаттары қандай?

22. Беттік беріктендіру технологиясын атаңыз.

23. Беттік беріктен кейін қандай термиялық өңдеу жүргізіледі?

24. Жылумен өңдеу кезінде қыздыру жылдамдығын анықтайды? Қыздыру жылдамдығын қашан көтере аламын?

БОЛАТ**6.1. Қоспалар және олардың болаттың қасиеттеріне әсер**

Өнеркәсіптік өндірістегі болаттарда негізгі элементтерден (қорытпаланған болаттардағы темір, көміртекті және легирленген элементтер) басқа қоспалар бар - тұрақты және кездейсоқ, қайталама шикізаттан немесе рудалардан болатқа түседі.

Тұрақты қоспалар бөлінеді:

- зиянды - күкірт, фосфор және газдар (оттегі, азот және сутегі);
- пайдалы - марганец және кремний;
- кездейсоқ - хром, никель, мыс, қалайы, мышьяк және т.б., олардың саны аз; олар қасиеттерге аз әсер етеді және болашақта қарастырылмайды.

Күкірт темірмен бірге FeS темір сульфидінің химиялық құрамын құрайды. Сульфидтер төзімділік пен икемділікті елеулі түрде азайтады. Сонымен қатар, болаттың күкірттің болуы пластиктің деформациясы кезінде (құю, жылжымалы) қыштың бұзылуына әкелуі мүмкін. Бұл құбылыс қызару деп аталды. Fe-Fe жүйесінде балку температурасы төмен эвтектика пайда болады. Күл сорғымен шектесетін жерлерде ыстық күйде кету температурасы - $900 \dots 1150^{\circ} \text{C}$ (қызыл ыстық температура) қызған кезде, болат еріп кетеді және сұйық формалар. Осы себепті, деформация кезінде құс жойылады («үзіледі») немесе онда жастар пайда болады. Болатта күкірттің мөлшері 0.025% немесе одан кем болған кезде қызаруы болмайды, өйткені бұл мөлшерде сульфидті құрмай темірде ерітеді. Марганецті болатқа енгізу арқылы қызару жойылады. Марганец өзінің сульфидінен темірді қалпына келтіріп, өзінің реакциялық сульфидін (балку температурасы 1620°C) келесі реакцияға сәйкес қалпына келтіреді: $\text{FeS} + \text{Mn} + \text{Fe} + \text{MnS}$.

Фосфор болаттың икемділігі мен төзімділігін айтарлықтай төмендетеді, әсіресе төмен температураларда. Фосфор суық қысымды жоғарылатады (3.2 бөлімді және 3.16-суретті қараңыз), бұл өте нашар, себебі болат балқытатын температуралар жоғары. Сондықтан, егер суық борсық шегі 20°C немесе одан жоғары болса, онда болат тіпті бөлме температурасында мыжылып қалады.

Газдар шамалы мөлшерде тіпті болаттың қасиеттерін айтарлықтай нашарлатады. Оттегі, азот құрғақ қосылыстар (оксидтер мен нитридтер) құрайды, бұл суық сынғыш табалдырықтың ұлғаюына және төзімділіктің төмендеуіне әкеледі. Сутектің болуы флокеннің (сопақ немесе дөңгелек пішіндегі жіңішке сызаттардың) илемді илемдестірілуіне және ірі кесектерге айналуына себеп болады, бұл болатты қатты шығарады.

Марганец және кремний пайдалы қоспалар болып табылады - деоксиданттар. Деоксид - темірдің оксидтерінен $\text{FeO} + \text{Mn} + \text{Fe} + \text{MnO}$, сондай-ақ $2\text{FeO} + \text{Si} + 2\text{Fe} + \text{SiO}_2$.

Алынған марганец және кремний тотығы шлактада жүзіп кетеді, олар металды құймас бұрын оны бірге алып тастайды. Сонымен қатар, марганец күкірттің зиянды әсерін жояды, қызарудың пайда болуына жол бермейді, жоғарыда айтылғандай; Металлды газсыздандыру кремнийі құймалардың тығыздығын арттырады.

6.2. Болаттарды сапасы бойынша сыныптамасы

Сыныптама құрамында күкірттің және фосфордың болат құрамына негізделеді, яғни зиянды қоспалар. Болаттың сапасы жоғары, құрамында күкірт пен фосфор аз. Келесі болаттардың негізгі топтары сапасымен ерекшеленуі мүмкін:

0,06% күкірт және 0,07% фосфор дейін қамтитын:

- қарапайым сапалы болат;
- құрамында 0,04% күкірт және 0,035% фосфор бар сапалы болаттар;
- 0,025% күкірт және 0,025% фосфор, электр пештерде балқыту дейін қамтитын тот баспайтын болаттар. Күкірт, сульфидтер қалыптасады емес, сондықтан мөлшерде демек, темір ерігенде, тот баспайтын болаттан жатпайды;

- ерекше сапалы болат арнайы металлургиялық технологияларды пайдалана отырып алынған: электрошлак NE-replava (ЭПР) - қож арнайы қабаты бар болатты қайта балқыту кезінде 0,002 ... 0,008% күкірт құрамды азайтады; Вакуумдық-доғалы қондырғы (VDP) болаттан жасалған газдарды толығымен жояды.

6.3. Болаттарды белгілеу

Көміртекті болаттарды таңбалау. Көміртегі болатының шығысы әдеттегі сапа, жоғары сапалы және жоғары сапалы. Легирленген болат - жоғары сапалы, жоғары сапалы және әсіресе жоғары сапалы.

Кәдімгі сапаның болаттары Ст әріптерімен және болаттың сериялық нөмірін көрсететін санмен белгіленеді: Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6.

Нөмірдің көбеюі кезінде көміртектің мөлшері мен беріктігі жоғарылайды, бірақ пластиктің төмендеуі байқалады. Осылайша, болат көміртегі мазмұны сынып (тар) байланысты 0,06-ден 0,43% -ға дейін өсті, үзілуге беріктігі МПа 150-ден 300-ге дейін 600 МПа және ақкыштық шегі 002 300 S дейін өсті, және ұзаруы 32 8 дейін төмендеді 14% дейін. Кәдімгі сапалы болат негізінен құрылыс ретінде пайдаланылады. Олар термиялық өңдеуге ұшырамайды.

Сапалы көміртекті болаттар машина жасау болып табылады, олар машина бөлшектері (құрылымдық болаттар) немесе аспаптар (құрама болаттар) жасау үшін қолданылады. Қажетті қасиеттерді қамтамасыз ету үшін олар термиялық өңдеуге ұшырайды және сондықтан брендті таңбалауда көрсетілген кепілдендірілген химиялық құраммен қамтамасыз етіледі.

Құрылымдық болаттар көміртектің орташа мөлшерін жүз пайызбен көрсететін сандармен белгіленеді. Машина жасау өнеркәсібі мынадай болаттарды пайдаланады: 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, көміртегі мазмұны лимиттері белгіленеді әрбір болат сынып 70.; мысалы 20 болат құрамында 0,18 ... 0,22%, болат 25 - 0,23 ... 0,27%, болат 40 - 0,37 ... 0,42% және т.б. Болаттан жасалған сынықты білдіретін сандар көміртегі концентрациясының дөңгелектенуінің ең жақын бесеуіне дейін алынады.

Аспаптық көміртекті болаттар 0,7-ден 1,3% -ке дейін бар. Олар Y әрпімен және пайызбен оннан бір бөліктегі орташа көміртегі мөлшерін көрсететін сандармен белгіленеді. Осылайша, U7 құрамындағы көміртегі мөлшері - 0,7%, болаттың U12-да - 1,2%. Құралдар үшін мынадай болаттар пайдаланылады: V7, V8, V9, V10, V11, V12 және V13.

Жоғары сапалы болаттар (аспаптық көміртекті және легирленген және құрылымдық қоспаланған) болат сыныбының соңында A әрпін белгілейді. Мысалы, V8A, V10A, V12A.

Легирленген болаттарды таңбалау. Боллдарды белгілеу үшін сандар мен әріптер жүйесі қолданылады. Көміртегі мазмұны таңбалық белгілердің басындағы суреттермен көрсетіледі. Оның мазмұны көміртекті болаттан, сол сияқты көрсетеді: *sothydo-lyah* пайызға құрылыс және құралды болат жылы бағаларын. шамамен 1% - нөмірлері құралы болаттан, көміртек тән басталатын жоқ.

Қоспалаушы элементтер кириллицамен (орыс) әріптермен белгіленеді: X — хром, H — никель, K — кобальт, C — кремний, M — молибден, G — марганец, B — вольфрам, F — ванадий, T — титан, B — ниобий, D — мыс, P — бор, Y — алюминий.

Әріптің артындағы сан осы элементтің орташа мәнін пайызбен білдіреді. Егер сурет болмаса, онда элемент шамамен 1% құрайды. Ерекшелік, әдетте, шағын мөлшерде құрылымдық болаттарда: вольфрам және молибден (0,25-0,5%), титан және алюминий (0,1% -ға дейін),

ванадий (0, 1.0.2%). Осы контентпен олардың брендтегі болуы көрсетіледі, бірақ сурет орнатылмаған.

А әрпі маркалы белгілердің соңында, сондай-ақ көміртекті болаттар үшін, болаттың жоғары сапалы екендігін көрсетеді. Егер А әрпі наурыздың ортасында болса, онда ол болатта азоттың легирленген элемент ретінде болуын көрсетеді.

Құрылымдық және аспаптық болаттардың тағайындалу мысалдары:

болат 40X - легирленген сапасы, құрамында 0,4% көміртегі және 1% хром;

12ХН3А болат - жоғары сапалы құрғатылған, шамамен 0,12% көміртегі, 1% хром және 3% никель бар;

ХВГ болаты - инструментальды легирленген, құрамында 1% көмір, 1% хром, 1% вольфрам және 1% марганец бар.

Электрошлак қайта қалпына келтірумен алынған жоғары сапалы болаттар көбінесе маркалы белгілердің соңында «Ш» әрпімен индекстеледі.

Кейбір арнайы легирленген болаттардың тағайындалуы жалпы қабылданғаннан біршама ерекшеленеді. Бұл айырмашылықтар тиісті бөлімдерде қаралады.

6.4. Қоспалаушы элементтердің болаттың құрылымына және қасиеттеріне әсер етуі

Қоспалаушы элементтер болаттан балқытылған кезде болатқа кіретін қоспалардан айырмашылығы, құрылымы мен қасиеттерін өзгерту үшін арнайы болатқа енгізіледі. Қоспалаушы элементтері бар болаттар қосындыланған деп аталады.

Қоспалаушы элементтердің (жақшада көрсетілген), төмен қосындыланған (2,3% дейін), орташа қосындыланған (3,10%) және жоғары қосындыланған болаттар (10% -дан астам) ерекшеленеді.

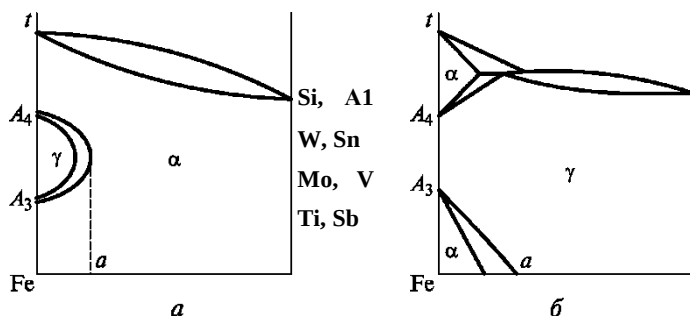
Болаттың құрылымы мен қасиеттерінің өзгеруі болатқа енгізілген элементтер темірмен және / немесе көмірмен өзара әрекеттескен кезде ғана мүмкін болады, сол кезде бұл элементтер ақ легірленеді.

Болаттың негізгі легирленген элементтері темір болып табылатын қатты субстратикалық шешімдерді құрайтын металдар болып табылады. Темір полиморфты металл болып табылады және екі модификацияға ие: а-үтікті (КОТ тор) және g-темір (ҚОТ торы). Темірде дәрменді тормен жабдықталған элементтер оңай еритін болады. Тиісінше, g-темір - ҚОТ торымен элементтер.

Бірінші топқа хром, молибден, вольфрам, ванадий, титан және кремний жатады. Олармен темір қорытпалары биіктік торлы қатты ерітінділері бар қорытпалардың кеңейтілген аймағы бар мемлекеттік сызбамен сипатталады. g-қатты қатты ерітінділердің ауданы күрт төмендейді (6.1, а сур.). (Ао у) - трансформацияланбайтын қорытпалар, яғни оң және феррит деп аталатын концентрациясы осіне, жатып,. (4.1 см жүйесі Fe-Fe₃C схемасына сәйкес NB нүктесі.) Жоғары температуралы модификациясы СЭҚ болуымен температурасын - Бұл қоспалау элементтері А3 (жүйесі мемлекеттік диаграммада Fe- Fe₃C нүкте G) жетілдіру және температура А4 төмендетті.

Көміртекті легирленген элементтермен өзара әрекеттесу кезінде элементтер *карбид құрайтын* элементтерге бөлінеді, олар өздерінің карбидтерін құрайды; *графитаны қалыптастыру (графитизаторлар)* - еркін көміртекті босату арқылы карбидтің бөлінуін ынталандыру; *бейтарап*.

Карбиді құрайтын *марганец, хром, молибден, вольфрам, ванадий және титан*. Периодтық жүйеде олар темірдің сол жағында орналасқан, ал солға соғұрлым көп (күштірек) олардың карбиді қалыптастыру қабілеті.



6.1-сурет. Темір — қоспалаушы элемент қорытпасының күй диаграмасының түріне және темірдің полиморфты айналу температурасына әсері:

a —ҚОТ торымен қоспалаушы элементтер; *б* —ҚОТ торымен қоспалаушы элементтер

Осылайша, марганец - күшті карбидінің титан, және әлсіз (қоспағанда темір) болып табылады. Темір марганецтен әлдеқайда әлсіз карбид құрайтын компонент.

Ішінара кристалды торда темір атомдары ауыстыру цемент ерітілген аз мөлшерде (пайыз бірнеше оннан) марганец болаттардың (қарамастан оның саны), (2% дейін) хром, сондай-ақ вольфрам және молибден бар. Дәстүрлі бастап қасиеттері аз түрлі цемент қоспасы құрылады. Жалпы формасындағы оның формуласы M_3C деп жазылған, онда M - металл атомдары. Осылайша, цементита құрамы $(Fe, Cr) 3C_{il}$ (Fe, Mn) $3C_i$ т.б. болуы мүмкін.

Жоғары концентрацияларда болаттағы легирленген элементтер өздерінің карбидтерін құрайды. Осылайша, кезінде 2 мазмұны ... болаттар хром карбидінің 10% Cr_7C_3 қалыптасады, және *uveliche-nii* 10% қарағанда - $Cr_{23}C_6$. Сонымен қатар, осы карбидтер темір (ірі соманы) және басқа да қоспалау элементтері тарата алады. Содан кейін олар M_7C_3 және $M_{23}C_6$ ретінде белгіленеді. Вольфрам және молибден күрделі карбидтер $Fe_3W_3C_i$ Fe_3Mo_3C (M_6C) қалыптастырады. Барлық осы карбидтер қыздырылған кезде аустенитпен салыстырмалы түрде оңай ериді.

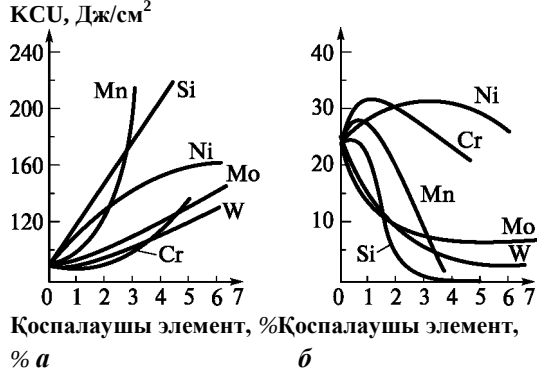
Элементтерін қалыптастыру күшті карбидінің MC түрі карбидтер (TiC , VC , WC , MC) құрайды. Вольфрам және молибден болады, сондай-ақ түрі M_2C карбидтер (W_2C_i Mo_2C) құрылады. Барлық осы карбидтер іс жүзінде аустенитте ерімейді.

Көміртегі және күшті карбид қалыптастыру элементтерінің байланыс энергиясы көміртек атомдары және темір қарағанда айтарлықтай жоғары болады. 800.1000 HV, титан карбид (TiC) -3200 HV Бұл цемент карбиді қаттылық үлкен қаттылық анықтайды. Сонымен қатар, олар жоғары температурада *austeni-te* еруі, жылу бойынша күшті карбидінің Карбид құраушы элементтерінің төзімділігі өсті. Осылайша, аустените цементита олардың ерігенге температурасында (шамамен 1300 ° C бастап, ванадий карбидтер (VC) және іс жүзінде аустените титан (TiC) ериді, ал, 727 ° C температурада 850.900 ° C температурада хром карбидтер еруі басталады) болаттардың балқу температурасынан жоғары.

Гибриттерлер - бұл никель және кремний. Осылайша, кремний графитизация реакциясын айтарлықтай жылдамдатады, яғни. Ол цементита көміртектің еркін қалыптастыру ыдырайды. Графит ретінде кеңінен (7-тарауын қараңыз) темір балқыту пайдаланылады.

Бейтарап элементтері (9.2.2-кіші бөлімін қараңыз) байланыстырғыш металл ретінде қатты-қорытпалар пайдаланылатын кеңінен кобальт қамтиды. Күйдірілген легирленген болаттар беріктігі мен қаттылығын көміртегі қарағанда үлкен, бірақ төменде олардың беріктігі бар (сур.

6.2).

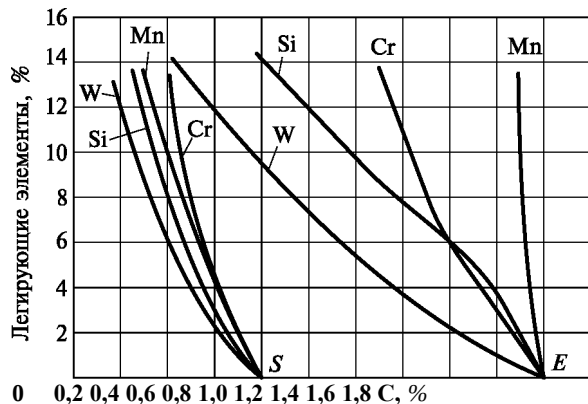


6.2-сурет. Коспалаушы элементтердің феррит қасиеттеріне әсер етуі: а — қаттылықтың өзгеруі; б — екпінді жабысқақтықтың өзгеруі

нв
Это Бұл ферритте өсетін қорытпа элементтері, әсіресе марганец пен кремнийді нығайтады.

Легирленген элементтер Fe-Fe₃C жүйесінің мемлекеттік диаграммалық сызықтарының позицияларына айтарлықтай әсер етеді. Жылытқан кезде олар аустенитпен ериді, оның

кристалды торын бұрмалап, ондағы көміртектің ерігіштігін төмендетеді. Нәтижесінде SE сызығы солға қарай жылжиды, яғни төменгі көміртекті



6.3-сурет. Fe—Fe₃C жүйесі күй диаграммасының S және E нүктелерінің орнына коспалаушы элементтердің әсер етуі

мазмұнына қарай (6.3-сурет).

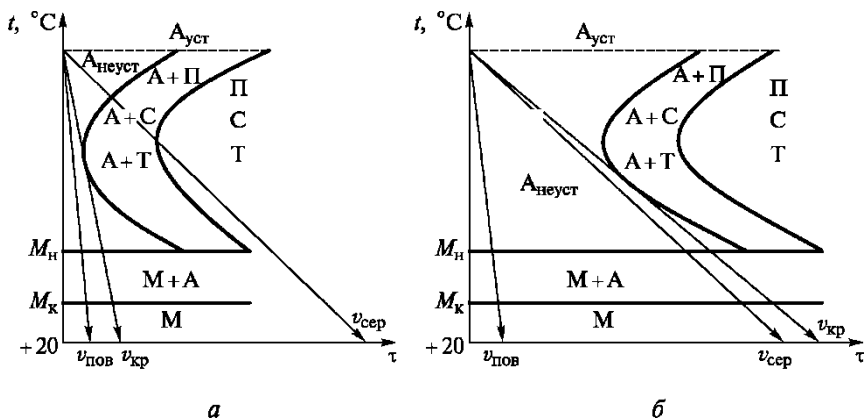
Эвтектоидті ледебурит және онда эвтектика легирленген болаттан кем көміртекті болаттан қарағанда төмен көміртекті мазмұны кезінде қол жеткізіледі, яғни бұл перлиттік құрылымы фактісі әкеледі. Осылайша, 5% хром бар болат 0,6% C температурада ледебурит болып табылады, және құрылымында көміртек 1,5% қазірдің өзінде Ledebur бар шойын, ал эвтектоидті көміртегі болаттарында 0,8% астам көміртек бар - мемлекеттік диаграмма (4.2-суретті қараңыз). Fe-Fe₃C құрылымында пайда жүйесі мемлекеттік диаграммада сәйкес, астам 2.14% көміртекті егер - нүкте E. Осылайша, көміртекті болаттар үшін

тән эвтектикаға дейінгі, эвтектоидті және эвтектикадан кейінгі бөлінумен қатар (4.2-кіші бөлімін және 4.2-суретті қараңыз), қосындыланған болаттарда тағы бір топ пайда болады — эвтектикадан кейінгі шойындарға ұқсас құрылыммен *ледебуритті* болаттар.

Көміртекті заттардың алдында легіріленген болаттардың негізгі артықшылықтары термиялық өңдеу кезінде көрінеді. Ең алдымен, бұл аустенит изотермиялық трансформациясының диаграммасының түріне байланысты. Марганец және никельді аустенит ыдырау басталады C-тәрізді сызық диаграмма оңға ығысып, онда салқындатумен аустените тұрақтылықты жақсарту (сур. 6.4, а). Карбид қалыптастыру элементтері оңға желісін ішківедомстволық ғана емес, сонымен қатар түбегейлі диаграмма түрін өзгерту: диаграмма бөлінеді, ол екі ең төменгі тұрақтылық пайда (сурет 6.4 б.) Аустенит салқындатыдатылады. Осылайша, ол уақыт ауысымы басталу кейінірек басталады және сыни салқындату жылдамдығы, яғни азаюына әкеледі аустенит ыдырауы переохлаждением маңызды болып табылады, беріктігі артуы.

Бұл 6.5. суреттің көмегімен көзге елестетейік. Көміртекті болаттан жасалған жылдамдығы негізгі бөліктері (C_{CR}) кем маңызды болып табылады, сондықтан негізгі құрылымы - орнына мартенсита сорбитол (сурет 6.5, а.), яғни, бетіне қарағанда негізгі қаттылығы төмен.

6.4-сурет. Көміртекті болатта аустенит пен Ni, Si, Mn (а) және қатты карбидті құрайтын элементтермен (б) тығыздалған болаттың изотермиялық трансформациясының диаграммалары



6.5-сурет. Көміртекті (а) және қосындыланған (б) болаттарды шыңдау:

$A_{уст}$ — тұрақты аустенит; $A_{неуст}$ — тұрақты емес (асыра суытылған) аустенит; А — аустенит; М — мартенсит; П — перлит; С — сорбит; Т — троостит; $\gamma_{кр}$ — салқындатудың сыни жылдамдығы; $\gamma_{сер}$ — бұйымның өзегін салқындату жылдамдығы; $\gamma_{пов}$ — бұйымның бетін салқындату жылдамдығы; M_n — мартенситті айналымның басталу температурасы; M_k — мартенситті айналымның аяқталу температурасы

Легирленген болаттан жасалынған бөлшектер төзімділікке ие ($v_{сер} > v_{\wedge}$) және кима бойынша мартенсит құрылымы бар (6.5, б сурет). 40 және 40Х болаттардың 10 және 40 мм қаттылығы 6.6 суретте көрсетілген.

Осылайша, легирленген болаттардан бастап, барлық бөліктерде күшейтілуі керек үлкен бөліктің бөлшектерін жасау керек. Сонымен қатар, қорытылған болаттардың маңызды артықшылығы - су тотығу кезінде баяу салқындату мүмкіндігі (көміртекті болат бөлшектер сияқты суда емес, мұнай немесе балқытылған тұздарда). Бұл кернеулерді азайтады, демек, бөліктердің деформациясы, сызаттардың пайда болуына жол бермейді. Сондықтан, қатайтылған кезде деформацияға бейім күрделі пішіннің егжей-тегжейлері, қорытпаланған болаттан жасалуы керек.

С-гәрізді диаграмманың формасына легирленген элементтердің әсері, сондай-ақ M_n және M_k марценттік нүктелерінің температурасын азайтады (6.7, а). Бұл сығылған болаттар құрылымында қалдық аустенит пайда болуына әкеледі (6.7, б). Жоғары көміртекті болаттардағы оның мөлшері өте күшті. Мұндай жағдайларда қалдық аустенитті жоюға арналған бөліктерді жылу өңдеу технологиясында суықпен емдеу қажет. Ерекшеліктер алюминий және кобальт болып табылады - олар M_n және M_k температураларын, сондай-ақ температураға әсер етпейтін кремнийді көтереді.

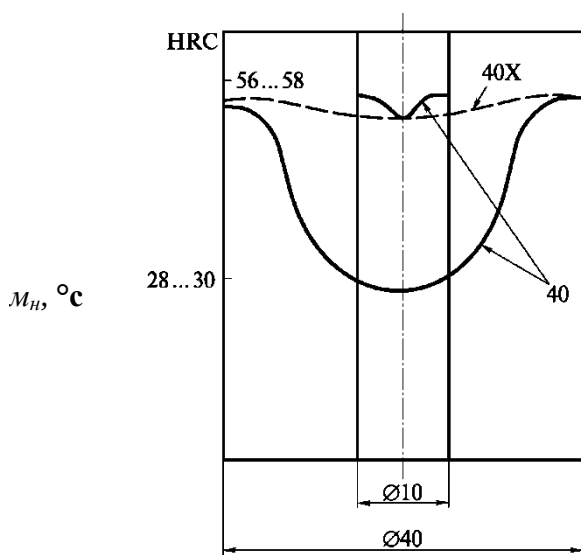
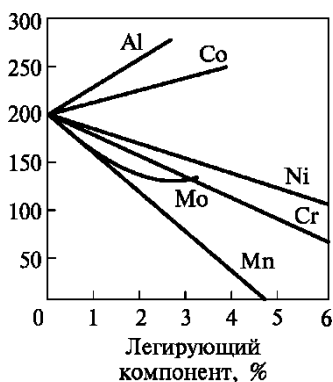


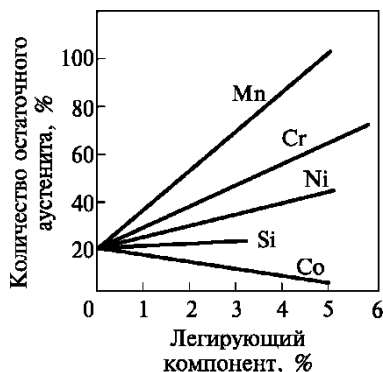
Рис. 6.6. Твердость по сечению сталей 40 и 40X

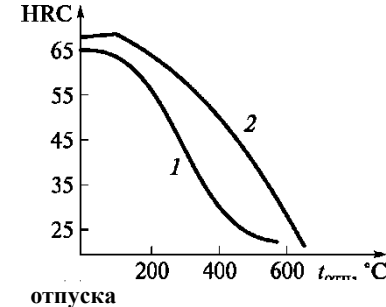
Легиренген элементтер жылыну кезінде мартенсит тұрақтылығын арттырады, і. одан көміртегі атомдарының шығуын кешіктіріп, карбидтердің коагуляция жылдамдығын азайтады (6.8-сурет). Осылайша, бірдей қаттылық пен беріктікті алу үшін легирленген болат бөлшектерін жоғары температурада шығару керек.

Сурет. 6.7. Магниттік элементтердің Mn (а) мартенттік трансформациясының басталу температурасына және қалдық аустенит (b) мөлшерінің 1% C



а





Сурет. 6.8. Температураның температурасының болаттың қаттылығына әсері:

1 - көміртегі; 2-қоспаланған

Легирленген болаттардың оң қасиеттерімен қатар көміртекті болаттарда іс жүзінде байқалмаған бірқатар кемшіліктер бар.

Сынғыштықты жою -

температурадан кейінгі соққы күшінің күрт төмендеуі. Қалыпты сынғыштың екі түрі бар (6.9-сурет). Қайтымды темперамент сынғыштық (түрі I) интервалы температураны 250 шыңығу бойынша болат барлық көрінеді ... 350 ° C Ол температура

кезіндегі салқындату жылдамдығына тәуелді емес және көміртекті және легирленген болаттарға тән. ауада - қайтымды темперамент сынғыштық (II түрі), бірақ тек салқындату мерекесінен кейін баяу жағдайда, тек жоғары мерекемен легирленген (әдетте хром) болат жүреді. Екінші түрдегі босатылудың бәсеңдеуі тез салқындатуы мүмкін (мысалы, ауада емес, майда). Дегенмен, бүгілу қауіпі пайда болады, әсіресе қорытылған болаттардың шығарылуы көміртекке қарағанда жоғары температурада жүзеге асырылады. Сонымен қатар, үлкен бөліктерде тез салқындату мүмкін емес. Тиімді сынғыштықты II түрі сату болдырмау үшін молибден және аз мөлшерде (0,5%) бар қоспалау вольфрам. Осындай жолмен легирленген болат (мысалы, 40HNMА) қатқылдықты бұзуға бейім емес.

Флокен жалған немесе илектелген болаттан пайда болатын шағын ішкі сызықтар деп аталады. Олар көбінесе хром бар шойын болаттар кездеседі (хром, хром-никельді, хромомарганецті және т. б.). Барлық сызаттар сияқты, флоты да болаттың механикалық қасиеттерін қатты төмендетеді. Флокендер болаттың беріктігінен гөрі қауіпті (ақаулар болмаған жағдайда), себебі ең көп жүктелген бөлшектер осындай болаттан жасалады.

Флокендердің пайда болуының себебі - сутегінің (0.0008% жоғары) болаттың болатында болуы. Пластикалық деформация аяқталғаннан кейін болат тез арада 250.20 ° C аралығындағы салқындатылған кезде пайда болады. Бұл жағдайда сутегі үлкен қысым жасайды, бұл сызаттардың пайда болуына әкеледі. Егер осы температура интервалындағы болат баяу салқындаса, онда сутегі болаттан ерекшеленуі мүмкін және отар пайда болмайды. Флокендар құйма болаттан сирек кездеседі, өйткені кеуектік құрылымы кеуектілігі сутегінің болаттан алынуын жеңілдетеді.

Флокендер дөңгелектеу немесе кішірек өлшемге жылжыту арқылы жойылады. Бұл жағдайда жарықшақтардың «дәнекерлеуі» орын алады. Флокен қалыңдығы (диаметрі) 25 мм-ден кем емес секцияларда іс жүзінде болмайды.

Ыстық деформациядан кейін *шифер* (қабатталған) сыну байқалады. Штампталған кезде шөгілетін қабықшалар мен көпіршіктер ластанған металдардың қабаттары ретінде созылады. Сынған кезде сыну ламинацияланады, өткір иілу және шығыңқы. Термиялық өңдеу сланецті сынуды түзетпейді. Құрылымды тек қана болатты кесуге болады.

Карбидті сұйырту (эркелкі болуы) орта және жоғары көміртекті легирленген болаттарда тігістер түрінде және карбидтердің жергілікті жинақтамасында байқалады. карбидтер, кластерлер байланысты қимасы бойынша механикалық қасиеттері күрт өзгеруіне құралы өміріндегі төмендеуіне әкелуі Бұл ақау, әсіресе құрал болат, өте қауіпті болып табылады. Карбидтің біркелкі болмауы неғұрлым көп болса, болаттың өнімділік қасиеттері неғұрлым төмен.

Термиялық өңдеу арқылы карбид фазасының бөлінуін жою мүмкін емес. Карбидтің гетерогенділігі аз, пластикалық деформацияның дәрежесі болат өңдеу (дөңгелектеу, жылжымалы).

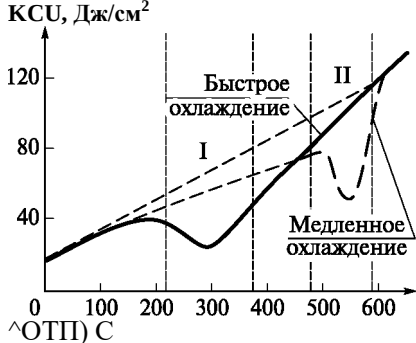
болаттарды легирленген термиялық өңдеу режимдері бұзылуы бұрын талқыланды ақаулар (және т.б., сызаттар қандыру, Көміртексіздендіру, қызып, күю) тән және көміртек болаттар болып тудыруы.

6.5. Жалпы мақсаттағы конструкциялық болат

Болаттың мақсаттарына байланысты келесі топтарға біріктіруге болады:

- құрылымдық (жалпы техникалық мақсаттар);
- аспаптық;
- Арнайы мақсаттар.

Бұл тарауда жалпы техникалық мақсаттар үшін құрылымдық болаттарды қарастырамыз. Арнайы болаттар мен құралдар төменде талқыланады (8-тарау және 9.2.1-бөлімін қараңыз).



Сурет. 6.9. Температураның температурасын легирленген болаттардың төзімділігіне әсері: I - қайтымсыз мінсіз сынық аймағы; II - реверсивтілік сипатындағы сынығыш аймақ

Құрылысқа құрылыс және машина жасаушы болат кіреді.

Құрылыс болаты – қарапайым сапа болды (St0, St1, St2, St3, St4, St5, St6). Олардағы көміртегі мөлшері кішкентай, сондықтан олар жақсы пісіруге ие, бірақ төменгі қаттылығы мен жоғары беріктігі бар. Негізінен дәнекерленген, балқытылған және болт конструкцияларын (құрылыс шұңқырлары, трусалар, крандарды, рамаларды салу және т.б.) өндіру үшін пайдаланылады. Бұл болаттар негізінен термиялық өңдеуді қатайтпай жеткізу жағдайында қолданылады.

Болат металлургиялық зауыттар ыстықтай илектелген прокат нысандарымен (бөренелер, шыбықтар, арналар, бұрыштар, парақтар, пішіндер және т.б.) жеткізіледі.

Бұл болаттар кейде машина жасауда кейбір төмендетілген және дәнекерленген машина бөлшектері үшін пайдаланылады: біліктер, біліктер, біліктер, тойтармалар және т.б., сондай-ақ дәнекерленген денелер мен тіректер.

Машина жасаушы болаттар машина бөлшектерін жасау үшін қолданылады. Олар құрамында көміртекті және легирленген болаттар, құрамында 0.08 ... 0.10-дан 0.70% көміртегі бар.

Көміртекті болат жоғары сапалы және алюминий сапасы жоғары сапалы, жоғары сапалы және әсіресе жоғары сапалы (6.1-бөлімін қараңыз) шығарады.

Көміртекке дейінгі жалпы техникалық қолданудың қорытылған болаттарының басты артықшылығы олардың күшейе түсуі болып табылады. Сондықтан қосындыланған болатты термиялық өңдеуге ұшырайтын болаттар үшін ғана қолданады. Оларды қолдану облыстары: үлкен қиылысты бұйымдар, термиялық өңдеу барысында түрленуге бейімді технологиялық емес болаттар (еске сала кетейік, қосындыланған болат шыңдау барысында суда емес, майда баяу салқындатады, бұл түрлендіруді төмендетеді).

Цементтелген болат. Олар 0,3% C дейін болатын көміртекті және қоспаланған болаттар, олар үшін қатайтудың негізгі тәсілі цементтеу немесе нитрокарбонизация болып табылады.

Осы болаттардан жасалған бұйымдар цементтеуге; технологиясы бұйымға қойылатын пайдалану талаптарынан тағайындатылын шыңдауға (5.3.1-кіші бөлімін және 5.15-суретті қараңыз); төмен жұмсартуға ұшырайды. Бұл жабысқақ өзек болғанда, көміртекті және қосындыланған болаттарда жа жоғары беттік қаттылықты (62.65 HRC) қамтамасыз етеді (5.10-суретті қараңыз). Цемент қабатының тереңдігі әдетте 0,8,1,2 мм орнатылады.

Бұл беріктендіру әдісі жоғарылатылған тозу және динамикалық (екпінді) жүктемелер (тісті доңғалақтар, жұдырықшалар және басқалары) шарттарында жұмыс істейтін бұйымдар үшін қолданылады. осы болаттардың жұмысқа қабілеттілігі беттік қабаттың да, сондай-ақ

өзектің қасиеттеріне тәуелді.

10, 15, 20, 25 *көміртекті* болаттар кішігірім қиылысты және қарапайым пішімдегі машиналардың аз жүктелген бұйымдары үшін қолданылады. Болаттар өзектерінің аққыштық шегі жоғары емес — 300 МПа дейін.

Төмен қосындыланған хромды, марганецті және хром-ванадий болаттары — 15Х, 20Х, 15Г, 20Г, 15ХФ және басқалары — 35...40 мм дейін қиылысты бұйымдар үшін қолданылады. Термиялық өңдеуден кейін өзектің қаттылығы 35.38 HRC құрайды, аққыштық шегі 500.600 МПа жетеді.

Орташа қосындыланған никельді қамтитын болаттар (12ХН3А, 12Х2Н4А, 18Х2Н4МА және басқалары), сондай-ақ аз қосындыланған титанды болаттар (18ХГТ, 25ХГТ, 30ХГТ) жоғарылатылған үйкеліс, динамикалық жүктемелер және жоғары байланысты кернеулер шарттарында жұмыс істейтін 80.100 мм және одан да артық қиылысты ірі бұйымдар үшін қолданылады. Осы болаттардың аққыштық шегі шамамен 700 МПа.

Жақсартылатын болаттар — бұл 0,3,0,55 % көміртекті қамтитын *көміртекті* және *қосындыланған* болаттар, олар үшін беріктендірудің негізгі тәсілі сорбиттің құрылымын алуды қамтамасыз ететін жақсарту (шыңдау және жоғары жұмсарту) болып табылады. Көміртектің қамтылуы көміртекті және қосындыланған болаттардың жоғары екпінді жабысқақтығы барысында $\sigma_b \sim \ll 900.1000$ МПа, $\sigma_T \ll 650.750$ МПа механикалық қасиеттердің жақын деңгейін анықтайды (5.21-суретті қараңыз). Алайда, осы қасиеттер көміртекті және қосындыланған болаттар үшін қосындылау деңгейіне байланысты түрлі қиылыстарда жетеді. Қосындыланған болаттар үшін осы қасиеттерді барлық көлемде беріктендірілетін үлкен қиылысты бұйымдар үшін алуға болады.

35, 40, 45, 50, 55 *көміртекті* жақсартылатын болаттар төмен шыңдауға тиіс (10.15 мм дейін). Жақсартылған күйінде олар кішігірім қиылысты және қарапайым пішімдегі бұйымдарды дайындау үшін қолданылады. Осы болаттар күйдірілген және қалыптандырылған күйінде жоғары емес жүктемелерде жұмыс істейтін үлкен қиылысты бұйымдарды жасау үшін қолданылады. 40, 45, 50, 55 болаттардан тозуға (біліктердің мойындары мен оймакілтектері, тегершік тістері және басқалары) жұмыс істейтін бұйымдары, жекелеген бөлшектер (беттер) өндіріледі. Бұл беттер ТВЧ жергілікті шыңдауға ұшырайды.

Хромды (35Х, 40Х, 45Х, 50Х) және *марганецті* (35Г, 40Г, 45Г, 40Г2, 45Г2) болаттар қосындыланған арасында анағұрлым арзан болып табылады және 30.35 мм дейін қиылыспен орташа жүктелген бұйымдар үшін қолданылады.

Хром-марганецті (35ХГ2), *хром-кремний* (33ХС, 40ХС) және *хром-кремний-марганец* (хромансили 30ХГСА, 35ХГСА) болаттар анағұрлым

терең шындалады және жақсартудан кейін үлкен қиылысты бұйымдарда жоғары беріктікті қасиеттерге ие болады — 60...70 мм дейін.

Хром-никель болаттар (40ХН, 45ХН, 50ХН) 7 0 мм дейін, ал хром-никель-молибден (30ХН2МА, 38ХН3МА, 40ХН2МА, 40ХН2МА) болаттар — 100 мм және одан да артық қиылыс диаметрмен бұйымдарды жасау үшін қолданылады. Осы болаттар жауапты мақсаттарғы ірі бұйымдар үшін арналғар (турбиналардың біліктері мен роторлары, компрессорлардың жүктелген бұйымдары және басқалары).

38Х2МЮА *хром-молибден-алюминий болаты* жақсартудан кейін азоттандыруға ұшырайтын бұйымдар үшін қолданылады. Осы бұйымдар жоғарылатылған тозу шарттарында жұмыс істейді (қозғалтқыш цилиндрлерінің, тегершіктердің гильзалары, ажарлауыш білдектердің сүмбілері және т.с.с.).

Серпінгеіш-серпінелі болаттар рессорларды, серіппелерді және басқа да серпімді элементтер жасау үшін арналған. Оларға қойылатын негізгі талап — серпімділіктің жоғары шегі, бұл жүктеме барысында пластикалық деформацияның жоқтығына кепілдік береді. Серпімділер ретінде 0,6...0,8% С көміртекті және қосындыланған болаттар қолданылады. бұйымдар шындауға және орташа жұмсартуға (420.480 °С) ұшырайды. Осындай термиялық өңдеу трооиститтің құрылымын және серпімділік шектерінің максималды мәндерін алуды қамтамасыз етеді (5.21-суретті қараңыз).

65, 70, 75 маркалы *көміртекті болаттар* шағын қиылысты бұйымдарда жоғары емес кернеулерде қажетті қасиеттерін қамтамасыз етеді. Осы болаттардың серпімділік шегі 630.700 МПа құрайды.

Марганецті болаттар (60Г, 65Г) серпімділік шегінің шамасы бойынша көміректілерден ерекшелігі аз (630.660 МПа), алайда үлкен шындауға ие болады және үлкен қиылысты бұйымдар үшін қолданылуы мүмкін.

Серпімділіктің аса жоғары шегі (840.940 МПа дейін) термиялық өңдеуден кейін кремний (55С2, 60С2) және кремний-марганец (60С2Г) болаттары алынады, олар автомобильдердің, тракторлардың, теміржол вагондардың жүктелген серіппелері мен рессорларын жасау үшін кеңінен қолданылады.

Серпімділік шегінің осы мәндері кезінде де үздік технологиялық қасиеттерге хром-марганец (50ХГА) және хром-ванадий (50ХФА, 50ХГФА) болаттары ие, сондай-ақ олар жылуға төзімді, бұл оларды автомобильдердің серіппелері мен рессорларын жасау үшін ғана емес, сонымен қатар 300.350 °С дейін қыздыру кезінде жұмыс істейтін клапан серіппелерін жасау үшін жарамды болады.

Шарлы мойынтіректі болаттар тербеліс мойынтірегінің бұйымдарын жасау үшін арналған (сыртқы және ішкі сакиналар, шарлар, роликтер). Осы болаттардың жұмыс беттері айныма таңбалы жүктемелер шарттарында жұмыс істейді, жоғары байланыс кернеулеріне тартылады. Осы болаттар жоғары қаттылыққа ие болуы тиіс (62... 66 HRC), ол көміртекті жоғары қамту кезінде қол жеткізіледі

— шамамен 1 %.

Шарлы мойынтіректі болаттар майда 820.850 °С шыңдалады және 150...170°С барысында төмен жұмсартудан өткізеді, термиялық өңдеуден кейінгі құрылым — жұмсарту мартенситі.

Болаттарда зиян қоспаларды қамту төмен болуы тиіс ($S < 0,02\%$, $P < 0,027\%$), кері жағдайда мойынтіректердің жұмыс жасау ұзақтығы күрт төмендейді.

Осы болаттардың белгіленуі конструкциялық үшін қабылданған біршама ерекшеленеді: алғашқы әріп ІІІ маркада болат шарлы мойынтіректі екенін білдіреді; екінші Х әрпі және одан кейінгі қойылатын сандар хромның қамтылуы көрсетеді. Бұл ретте, зиян қоспаларды аса аз болуына қарамастан, А әрпі марканың соңында қойылмайды. Қалған қоспалаушы элементтер конструкциялық болаттарда сияқты белгіленеді.

1 % көміртегі және 1,5% хром қамтитын ШХ15 болаты кеңінен қолданылады. Үлкен қиылысты бұйымдар үшін (ірі мойынтіректер) аса қосындыланған болат — ШХ15СГ қолданылады.

Мойынтіректердің аса жауапты мақсаттағы бұйымдары зиян қоспаларды аз қамтитын аса жоғары сапалы болаттардан жасалады — ШХ15-ШД және ШХ15СГ-ШД. Осы болаттар кезек-кезек екі рет қайта балқытауға ұшырайды: күкіртті алып тастау үшін электр қожды (ІІІ) және газдарды алып тастау үшін вакуумдық-доғалық (Д).

Автоматты болаттар — бұл кесумен өңдемділігі жоғарылатылған болаттар. Оларды өңдеу кезінде жоғары өнімділікке қол жеткізіледі, өңделген беттің шағын кедір-бұдырлығы, жақсы жоңқа бөлгіш қамтамасыз етіледі. Осы болаттар автомат-білдектерде бұйымдарды жасау үшін жаппай өндірісте негізінен қолданылады (бұрамалар, түйреуіштер, болаттар, сомындар, күрделі конфигурациядағы ұсақ бұйымдар және т.б.). Жақсы кесумен өңдемділікке олардағы күкірт (0,08.0,35 % дейін) пен фосфордың (0,06.0,15%) жоғарылатылған қамтуы есебінен қол жеткізіледі. Сульфидтердің бар болуы кесу барысында жарықшақ жоңқаның құрылуына және өңделген беттің төмен кедір-бұдырлықтың алынуына әсер етеді, сондай-ақ өңделетін беттің, жоңқа мен құралдың арасындағы үйкелісті төмендетіп, майлаушы әрекетті көрсетеді, бұл кескіш құралдың төзімділігін арттырады. Алайда, күкірт пен фосфордың жоғарылатылған көлемде болуы болаттардың жабысқақтығы мен иілгіштігін төмендетеді, сондықтар олар төмендетілген иілгіштікке ие және сынғышты бұзылуға бейім.

Болаттардың өңдемділігін кесумен жақсарту оларға қорғасынды (0,15...0,30 %), селенді (0,04...0,10 %) және кальцийді енгізумен қол жеткізіледі, бұл ретте механикалық қасиеттері жеткілікті жоғары болып сақталады.

Автоматты болаттар марканың басында А әрпімен және пайыздың жүздік үлесінде көміртектің орташа құрамын көрсететін сандар білгіленеді (мысалы, А12 — автоматты болат, көміректі орташа қамту

— 0,12 %). Марганец Г әрпімен (егер онда болаттың көлемі 1 % артық болса, мысалы А40Г болаты), қорғасын — С, селен — Е әрпімен белгіленеді. Құрамында кальцийі бар болаттар АЦ әріптерімен белгіленеді, мысалы АЦ40.

Ресей өнеркәсібінде кальций бар болат пайдаланылды. Жоғары өңдеу кезінде олар құрамында зиянды қоспалардың, күкірттің және фосфордың көп мөлшері бар автоматты болаттардың жетіспеушілігі болмайды. Бұл болаттардың жұмысын жақсартуға ішкі майдың рөлін атқаратын және адгезияның пайда болуына кедергі болатын бірнеше мкм қалыңдығында кальций бар қабаттың кесу аймағында пайда болуына байланысты қол жеткізіледі. Сонымен қатар, болаттың кальций болуы белгілі бір кесу жылдамдықтарында құралдың бетіне пайда болуына кедергі келтіреді және алдын-ала тозудың алдын алады. Қыздыруға арналған бөлшектер кальций бар болаттардан, біліктерден және т.б.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Қатерлерге қандай қоспалар жатады? Қандай қоспалар зиянды және пайдалы?
2. Қызару дегеніміз не? Бұл ақаулықты қалай болдырмау керек?
3. Фосфордың теріс әсері қандай?
4. Болаттың сапасы қандай?
5. Көміртегі және легирленген болаттардың белгілері қандай?
6. Қандай болаттар легірленеді? Допингтің мақсаты қандай?
7. Ағартқыш элементтер темірмен қалай жұмыс істейді?
8. Легирленген элементтер көміртегімен қалай жұмыс істейді? Карбидті қалыптастыру, графитизация және бейтарап элементтер атаңыз.
9. Легирленген элементтер тозған болаттардың қасиеттеріне қалай әсер етеді?
10. Көміртекті және легирленген болаттардың изотермиялық трансформациясы диаграммалары арасындағы айырмашылық қандай?
11. Легирленген болаттардың қаттылығын жоғарылату және деформацияланудың себептерін түсіндіріңіз.
12. Цементтелген, жақсартылған, көктемгі-көктемгі және шойынды болаттардың бағалары.
13. Осы болаттардан бөлшектердің беріктендіру технологиясын көрсетіңіз. Термиялық өңдеу кезінде қандай қасиеттер қамтамасыз етілуі керек?
14. Автоматты болаттардың ерекшеліктерін көрсетіңіз.

7.1. Жалпы мәлімет

Шойын - темірдің және көміртектің 2,14% -дан астамын құрайтын қорытпа. Шойын екі негізгі топқа бөлінеді:

- ақ (ақшыл-ақ үзілістің пайда болуына байланысты), оның ішінде барлық көміртекті цементитте байланыстырылған күйде;
- Графитпен бірге, көміртектің барлығы немесе бір бөлігі металл негізде (матрицада) графит түрінде еркін күйде.

Шойыннан болат сияқты тұрақты қоспалар бар.

Күкірт және фосфор құйылған үтіктің тұтқырлығы мен пластикасын, сондай-ақ болаттарда азайтады. Алайда, бұл қоспалардың осы қасиеттерге зиянды әсері айқын емес, өйткені шойын - бұл нәзік материал. Осыған байланысты шұңқырларда күкірт мөлшері жоғары - 0,1 ... 0,12% және фосфор - 0,4 ... 0,6%.

Шойын құймасы құйма қорытпа болып табылады, сондықтан шойынның технологиялық қасиеттеріне қоспалардың әсерін - *аққыштық пен шөгуді* бағалауды жөн көруге болады (3.5 бөлімін қараңыз).

Күкірт ағымдылықты төмендетеді, шөгуді арттырады және крекинг үрдісін арттырады.

Фосфор балку температурасын азайту арқылы сұйықтықты жақсартады. Көркем кастинг үшін фосфор мөлшері артуы бар шойын пайдаланылады.

Марганец және кремний - пайдалы қоспалар, сондай-ақ болаттарда, құйма үтікті қатты қышқылдандыру үшін қажетті технологиялық қоспалар болып табылады. Кремний гидратизатор болып табылады, көміртегі құрайтын элемент ретінде марганец болып табылады (6.4 бөлімін қараңыз), көміртекті еркін құруға қиындық тудырады. Сонымен қатар, марганец құйылған үтіктің механикалық қасиеттерін сәл жақсартады, әсіресе жіңішке қабырғалы құюдағы.

7.2. Ақ шойын. Ағарту

Ақ шойындағы барлық көміртекті цементте күйде орналасқан. Ақ

шойынның құрылымы Fe-Fe₃C жүйесінің фазалық диаграммасымен сипатталады. Қысқыштар құрылымында, сондай-ақ жоғары қаттылық (дейін 450.550 DI) бар жоғары қаттылық (800 ... 1000 HV), сондықтан ақ үтікті бар цементита himi-cheskogo қосылыстардың үлкен саны, жоғары ұнтақталуын бар. Бұл қиын механикалық өңдеу болып табылады, оларды пайдалану шамадан тыс тозу жағдайында жұмыс және (мысалы, шар диірмені шарлар) айтарлықтай механикалық өңдеуді талап етеді қарапайым пішіні мен шағын массасы шектеулі өнеркәсіпте өндірістік құйылған бөлшектер болып табылады. Ақ шойынның негізгі мақсаты - шойыннан жасалған шойынға айналу.

Ағартылған шойын үтікінде аздап көп, бірақ шектеулі қолдану да бар. графит шойынды - осындай ақ шойын құю бетінің қабаты құрылымы, және өзегінде. Ағарту - бұл құюдың бетінің тез салқындауы. металл құйма (металл зең) балқыған үтікті құю және қашан беткі қабатын ағартылған нысаны тереңдігі 12.30 мм құрайды.

Тоңазытылған шойын бетіндегі жоғары табандылық бар, ол парак илектеу, тежегіш және басқа да компоненттерін өндірістік орамды, іс жүзінде өңдеу ұшыраған жоқ және жоғары салдарынан nosostoykosti талап ортада пайдалану үшін алдын-ала тағайындалған үшін пайдаланылады.

7.3. Гарфитпен шойындар

Бұл шойын үтірлері өнеркәсіпте кең қолданды. Шойын құю - құймаларды жасау үшін пайдаланылатын құйма құймалары. Шойынның жақсы өтімділігі бар (олардың қатаю температурасы болаттарға қарағанда төмен), сондай-ақ графит түрінде бос көміртектің болуына байланысты аз мөлшерде (3,5 бөлімді қараңыз).

Шойынның графит қалыптасу процесі графитизация деп аталады. графит қалыптастыру 5 ° C (жылдам салқындату цемент бойынша) қарағанда жоғары немесе ұзақ кезінде экспонаттау цементита ыдырауын rezulta-te емес переохлаждение дәрежесі өте баяу салқындату, сұйық фазадан кезде Nepos-тиегіштер бөлу орын алуы мүмкін.

Цементит (C) графит (D) және 727 ° C жоғары температурада аустенит (A) темірдегі көміртекті қатты ерітіндісі немесе төмен температурада феррит (F) түрінде еркін көмірге ыдырайды:

- $t > 727^{\circ} \text{C}$ кезінде - $\text{Fe}_3\text{C} \rightarrow \text{Fe}_\gamma (\text{C}) + \text{C} (\text{C} \rightarrow \text{A} + \text{T})$;
- $t < 727^{\circ} \text{C}$ - $\text{Fe}_3\text{C} \rightarrow \text{Fe}_\alpha (\text{C}) + \text{C} (\text{U} \rightarrow \text{T})$ кезінде.

Сұйықшойынмен (Al₂O₃, SiO₂ және т.б.) кездесетін әртүрлі металлескөспалар кристалдану орталықтары болып табылады және графитизация процесін жеңілдетеді.

Графиттің қосындыларының түріне байланысты құйылған шойын төмен дегі түрлерге бөлінеді:

Сұр	Пластиналық
Жоғары берік.....	Шар тәрізді (глобулярлық)
Көнгіш	мамық тәрізді

Цементиттың ыдырауы толығымен немесе ішінара орын алуы мүмкін. Толық емес ыдырау кезінде графитпен бірге құрылымда цементит бар. Цементит ($C_{\text{байл}}$) көміртегі көлеміне байланысты шойынның металл негізінің (матриттің) құрылымы өзгереді.

Көміртектің құрамы, %	Матрицаның құрылымы	Шойынның құрылымы
0,02 аспайтын	Феррит.....	Феррит + графит
0,02... 0,8.....	Феррит + перлит ...	Феррит + перлит + графит
0,8.....	Перлит	Перлит + графит

Осылайша, шойын құрылымдық сипаттамаларын тоғыз түрлері ажырата алады: графит (сұр, жоғары берік және көнгіш) нысанына үш, феррит, ферри-перлитті немесе перлиттік матрица болуы мүмкін, олардың әрқайсысы (7.1-кесте.). ферриттен қарағанда жоғары табандылық пен беріктігі перлиттік. Сондықтан, ең тұрақтылығы шойын тозу төмен, перлиттік негізделген графит бірдей нысанын бар - феррит негізде.

Сұр шойынды түсін электрондық бар білдіреді темір үзіліс аталады құйылған. Сұр шойын тікелей құйылады. 2,4 ... 3,8% көміртегі, 1,4% кремний 1,25.1,4% марганец (беріктік артады) құрамында осы шойын.

Металл субстрат құрылымы химиялық-темірмен анықталады және құю салқындату жылдамдығы қояды отыр. Кремний және көміртегі темір мазмұны ұлғаюы көп толық графиттеу үлес. Сол сияқты баяу салқындату әсері. Графиттеу - диффузия процесі, сондықтан кезде $v_{\text{yso-kih}}$ температура құю, яғни ұзақ болып табылады, егер ол жақсы дамып келеді, баяу салқындатқыш. 7.1 суретте келтірілген шойын химиялық құрамын функциясы ретінде металл матрицаны құрылымын анықтайтын құрылымдық сұлбасы үтіккі, және құю химиялық құрамы мен қалыңдығы аралас әсері (сур. 7.1, б).

Металдық негіздің құрылымы және графитті қосылымдар пішіндері

Металдық негіз	Графитті қосылымдар түрлері		
	Пластиналық	Мамық тәрізді	Шар тәрізді
Феррит			
Феррит + перлит			
Перлит			



7.1-сурет. Шойындардың құрылымдық диаграммасы:

a - көміртегі мен кремнийдің металдың астарының құрылымына әсері; b - шойынның құрылымына салқындату жылдамдығының әсері (құйма қабырғасының қалыңдығы) және көміртекті және кремнийдің жалпы концентрациясы; I - ақ шойын; II - жарты (ағартылған) шойын; III - сұр перлитикалық шойын; IV - сұр феррит-перлит шойындары; V - сұр феррит шойын

Төмен немесе жоғары мазмұнды графиттеу жылдамдығы салқындату графиттеу осы жағдайларда орын емес, ақ темір (аймағы I) алынды.

Графитизацияның аз дәрежесінде графитпен қатар, лотбуритпен бірге перлит бар. Бұл шойын жарты шойын деп аталады (II аймақ).

салдарынан құрамы темір графиттеу арттыру және (немесе) графиттеу А үлкен дәрежесі қалың құю салқындату жылдамдығы қатарынан металл субстрат мынадай құрылымдарды өндіреді азайту: перлиттік (аймағы III), феррит-перлиттік (аймағы IV), және, ақырында ферритті (аймағы V).

Сұр құйылған шойынның күші аз. Плиталар графит сұр шойын Сонымен қатар, стресс кен байыту фабрикасы бар, металл тұтастығын бұзып, жарықшақты ретінде қарастырылуы мүмкін. Плиталар созылып кеткен кезде шойынның беріктігін азайтады. Графит тақтайшалары неғұрлым үлкен болса және олар біркелкі көлемде таратылса, шойынның беріктігі неғұрлым төмен. Минималды беріктігі сұр ферроциум шойынмен қамтамасыз етілген.

Графиттің пластиналық пішімен сұр шойындардың бір түрін *графиттің вермикулярлық пішімен шойындарды* есептеуге болады, онда графиттің пластинкалары кіші өлшемге ие және матрицада анағұрлым бірдей орналасқан. Графиттің вермикулярлық пішіндерімен шойындар сұр шойындардың орнына жиі қолданылады.

Вместе с тем включения графита не оказывают практического влияния на прочность при сжатии, потому что при таком нагружении трещины закрываются. Предел прочности при сжатии в 3 — 5 раз больше, чем при растяжении (примерно такой же, как у низкоуглеродистой стали, например Ст3).

Мұндай жүктелген сызаттар жабық болғандықтан, графит қосу, қысу күші бойынша практикалық әсер етпейді. Сығылу күші созылғаннан 3-тен 5 есе артық (төменгі көміртекті болат сияқты, мысалы, Ст3). Сұр шойындардың беріктігін арттыруына түрлендірумен (мысалы, 0,3... 0,8% мөлшерде 75% ферросилиций) және қосындылаумен (хром, никель, алюминий) қол жеткізуге болады. Еркін графит серпімділік модулін айтарлықтай азайтады.

Сонымен қатар, құрамында еркін графиттің болуы болаттан алдын ала шойынның бірқатар артықшылықтарын анықтайды:

- Жақсы чиптің бөлінуін қамтамасыз ететін кесу арқылы жақсы өңдеу мүмкіндігі - шойынның өңделуіне арналған чиптер, болат сияқты суды ағызу емес;

- графиттің майлау әсерінен антифрикциялық қасиеттері жоғары;
- демпферлік қасиеттердің болуы, өйткені графит енгізілімдері тербелісті сөндіреді;

- бет ақауларына сезімталдықтың толық болмауы дерлік (жіктер және т.б.).

Сұр құйылған шой СШ (сұр шойын) әріптерімен және кернеу беріктігін көрсететін сандармен белгіленеді $\text{кгс} / \text{мм}^2$ ($1 \text{ кгс} / \text{мм}^2 = 10 \text{ МПа}$). Мысалы, SCh20 - $20 \text{ кгс} / \text{мм}^2$ (200 МПа) Созылуға беріктігі бар сұр шойын.

Сұр қысқыштар үшін аз беріктігі ферриттік (СШ10, СШ15) және ферриттік-перлитті (СШ20, СШ25) ие және т.б. қамытын, поршеньді цилиндрлер, тісті, өндіру кем жүктелген бөлшектер пайдаланылады үшін темір пайдаланылады құйылған; пирлитикалық (СШ30, СШ35) - көп жүктелген.

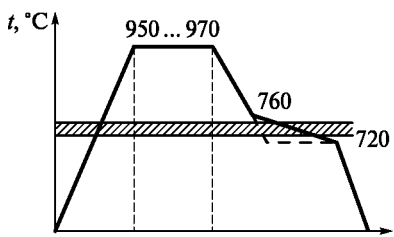
Жақсы аққыштық сұр шойын ие енгізілуіне көркем құю пайдаланылатын барлық фосфорлы мазмұны ($1,6\%$) болды.

Өнеркәсіпте арнайы қасиеттері бар шойын, атап айтқанда антифрикционды, АС әріптерімен белгіленеді.

Жоғары беріктігі бар шойын құйылғанға дейін магний немесе цериямен модификацияланған кезде алынады. үзілуге беріктігі мен Иілгіштігі: Арбаша-магний графит әсерінен жоғары механикалық қасиеттерін шойын қамтамасыз сфералық (домалақ) пішіні, айналады. сфероидальных графит әлдеқайда аз метал негізін әлсіретеді, себебі ол күйзеліске концентратор білдірді емес, өйткені бұл, болып табылады. Барлық шойынның ішінде перлит негізіндегі жоғары беріктік шойынның максималды беріктігі.

Соғып шойын және $\text{кгс} / \text{мм}^2$ Созылу кезінде беріктігі көрсету нөмірлерін осы үтік әріптер RF белгілеңіз. Мысалы, HF 60 - $60 \text{ кгс} / \text{мм}^2$ (600 МПа) және Созылуға беріктігі соғып шойын.

Шойын ең үлкен күші Перлит негізделген (HF 80, HF 60) бар, ол ферритной-перлитный негізде (HF 50, HF 45) бар темір азаяды және ферриттік темір базасын (HF 42, HF 38) ең төменгі болып табылады.



7.2-сурет. Көңгіш шойынды алу үшін ақ шойынды күйдіру режимі

Арнайы қасиеттерді алу үшін жоғары беріктігі бар шойын құймалары хром, никель, молибден, титан және алюминиймен қорытылады: ыстыққа төзімділік, антифрикцион, коррозияға төзімділік және т.б. Жоғары берікті шойын болатты алмастырады. Олардың ішінде роликті роликті фабрикалардан, автомобильдерден жасалған кранкфилдерден және т.б. Тұтқыр темір үгіндіден қопсыту арқылы ақ шойыннан дайындалады. Ол екі кезеңде жүргізіледі (7.2-сурет). Бірінші саты құймаларды $950... 1000^\circ\text{C}$ температураға дейін

кыздырудан және осы температурада ұзақ изотермиялық ұстамдылықтан (10.15 сағ) тұрады. Ұстамдылық процесінде ледебуриттің құрамына кіретін цементиттің және ішінара екінші цементиттің ($\text{C} \wedge \text{A} + \text{Г}$) ыдырауы жүреді. Одан кейін баяу салқындату жүзеге асырылады (5.12 сағ), оның процесінде аустениттен екінші цементиттің бөлінуі және үлшекті графитті құра отырып, оның ыдырауы ($\text{C} \wedge \text{A} + \text{Г}$) жүреді.

Осы өрттің нәтижесінде, барлық цементит ыдырағаннан кейін, феррит шойынмен (жеңіл үзіліспен) қозғалады. Жиырылу толық емес, содан кейін екінші кезеңі жасыту графит туралы экспозиция дайын иілгіш ферриттік-перлитный шойын, бірақ екінші қадам қоспағанда кезде - перлитті соғып шойын (барқыт қара).

Ұшу-уақыт жеке қадамдар жасыту соғып ақ үтікті жеделдету: алюминий өзгертілген темір (кем бор және висмут), алдын ала құю жылу температурасын көтеріп, температура $^{\circ}\text{C}$ 1080 бірінші кезеңі графитпен қозғалды.

Флако-графит металл негізін тақтайшаға қарағанда әлдеқайда әлсіретеді. Күйдіру кезінде толығымен алынып тасталған құйма кернеулерінің жоқтығы шойыннан құйылатын шойынның жоғары механикалық қасиеттерін тудырады. иілгіш шойын беріп, олар сұр шойын беріктігі мен Икемділік және сұр және иілгіш темір айтарлықтай болып табылады. Олардың жоғары шойыннан жасалған пластикалығына байланысты, олар әйгілі атауды алды. Алайда, бұл атау шартты. Пластмассалық деформациялау үшін ширатылған шойынның икемділігі жеткіліксіз, сондықтан шойын шойын ысталған емес.

КС - шойыннан жасалған шойын әріптерін белгілеңіз - және сандар. Алғашқы сандар - созылу күшінің ең жоғары беріктігі (кгс / мм²), екіншісі ұзарту (%). Мысалы, CN 45-6 білдіреді: 45 кгс / мм² Созылуға беріктігі (450 МПа), және 6%-ға тең сынақ созу, салыстырмалы бар соғып шойын.

Көнгіш шойыннан кішігірім өлшемдегі — жуандығы 40.50 мм аспайтын құймаларды алуға болады. Бұл ақ шойыннан ірі габаритті құймаларды алу кезінде графиттеудің болуымен байланысты (7.1-суретті қараңыз).

Иілгіш үтік статикалық жүктеме және динамикалық жұмыс істейтін шағын өлшемдері қатысты егжей өндірілетін (артқы осі тұрғын үй, кесе, тежегіш түйреуіш, автомобиль үшін күпшектер.)

7.4. Шойындарды термиялық өңдеу

Шойын қышқылдандыру, жұмсарту, тұрақтандыру, сондай-ақ

графитизирующая емдеу.

Құрамында цементит бар шойын үтірлеріне емдеуді күшейту мүмкін. Шойын құю, сондай-ақ болат, қатаюға және температураға ұшырайды.

Қатты болған кезде шойын 850 ... 950 ° С дейін аустенитпен цементит ерітіндісіне дейін қызады. Күрделі конфигурация өнімдерінің қыздыру жылдамдығы қарапайымнан аз. Изотермиялық өңдеу уақыты тордың салмағына байланысты анықталады және әдетте 1-ден 3 сағатқа дейін суда немесе майда салқындату жүргізіледі. Қаттылдау нәтижесінде мартенсит, бенит немесе тростит алынып, сонымен қатар құрылымда графит бар. Температурасы (200.600 ° С) бөліктің қасиеттеріне қойылатын талаптарға байланысты белгіленеді. Босатудан кейін салқындату ауада жүзеге асырылады.

Көлемді беріктендіру шағын мөлшерде орындалады. Үлкен бөліктерді қатайту үшін, мысалы, машина төсегін бағыттаңыз, бетінің бетін жабыңыз. Жылыту оттегі-ацетилендік жалын немесе 900,1000 ° С температураға дейін жоғары жиілікті токпен жүзеге асырылады. Содан кейін бөлшектер сумен немесе май эмульсиясымен салқындатылады. Нәтижесінде бетінің қабатының қаттылығы, беріктігі және тозуға төзімділігі артады.

Шойынның егжей-тегжейлері үшін изотермиялық ерітінді де мүмкін. Оның технологиясы болаттарға ұқсас: аустенитте цементит ерітіндісін қыздыру, Mn-дан (200.400 ° С) біршама жоғары температурада балқытылған тұздардағы изотермиялық қартаю. Аустенит изотермиялық ыдырауы үшін сіңіру уақыты (10.90 мин) жеткілікті болуы керек. Мұндай қатаюдан кейін (демалыстар жасалмайды) ине тростит + графит құрылымы алынады. Изотермиялық беріктендіру нәтижесінде қаттылық пен беріктігі артады.

Графитизациялау әдісі - ақ шойынның жоғарыда талқыланатын, жоғарыда талқыланатын алуына жол бермеу (7.3 бөлімін қараңыз).

Өндеуді жұмсарту үшін жұмсартқыштың жануын жіктеу, төмен температурадағы жануды графитизациялау мүмкін. Ол 680,700 ° С (төменгі нүкте) немесе ұзындығы 760-нан 700 ° С-қа дейін баяу салқындату арқылы пластиктің кесілуін және көбейтілуін жақсарту үшін тасымалданады. Ұстау уақыты эвтектонд цементитінің толық немесе талап етілген ішінара ыдырауы үшін жеткілікті болуы керек. Шойын құю үшін 1,4 сағ, шойын құю үшін - 60 сағ дейін. Келектің үгіндісі нәтижесінде феррит саны артып, қаттылық азаяды, бірақ машинада жұмыс жақсарады.

Тұрақтандыруға арналған станоктар мен машиналардың негізгі бөліктері (рамка, корпус және т.б.) үшін, машинаның дәлдігін анықтайды. Бұл мәліметтер үшін пішін мен өлшемді уақытында сақтау өте маңызды. Өлшеміндегі өзгерістер қаптастыру процесінде

туындайтын қалдық кернеулердің болуына байланысты, жеке элементтердің біркелкі емес салқындатуына және (немесе) ірі көлемдегі құймаларға арналған қатты өңдеуге байланысты. Пайдалану процесінде бұл кернеулер деформацияны тудыратын (демек) азайып кетеді.

Шойын бөліктерінің мөлшерін тұрақтандыру термиялық өңдеуге байланысты болуы мүмкін, бұл қалдық кернеулер деңгейінің төмендеуіне немесе шойынның деформациялануына әкеледі.

Қалдық кернеулерді алып тастау (азайту) үшін температураның төмендеуі өте төмен температура кезінде өте төмен температура болып табылады, онда температура A_1 ($520,620^{\circ}\text{C}$) критикалық нүктеден төмен. Холдингтің ұзақтығы кастингтің массасы мен дизайнына байланысты және 1-ден 8 сағатқа дейін болады.

Преформ $70,100^{\circ}\text{C}$ / сағ жылдамдықпен қызады; Изотермиялық ұстап тұрудан кейін температурасы $20,50^{\circ}\text{C}$ / сағ, жылу кернеуінің пайда болуын болдырмау үшін ауадағы салқындатылғаннан кейін 200°C дейін салқындату. Мұндай жыпылықтау фаза түрлендірулерін тудырмайды және қалған кернеулерді азайтады, ал жұмыс кезінде деформациялар іс жүзінде жойылады.

Штаммды беріктендіру әдісі қолданбалы жүктемелердің нәтижесінде қаттылықты тудыратын қыш материалында микропластикалық деформациялар пайда болғанына негізделеді. деформацияның дамуына кедергі келтіретін беріктік сипаттамаларын арттырады. Бұл принцип бойынша келесі технологиялар негізделеді: табиғи, жасанды және дірілдеу қартаюы; статикалық жүктеме әдісі.

Табиғи қартаю ашық ауада немесе жылытылмайтын бөлмеде ұзақ мерзімді (3 айдан $1,5,2$ жылға дейін) механикалық өңделген құймалар. Тұрақты температураның өзгеруіне байланысты (күнделікті, маусымдық) емдеу кезінде, құюда қосымша кернеулер пайда болады, бұл микропластикалық деформация мен суық жұмысқа әкеледі. Табиғи қартаю құймалардың мөлшері мен формасын тұрақтандырудың ең әмбебап және сенімді әдісі болып табылады, кез келген конфигурация мен массаның бөліктері үшін жарамды. Қолайсыздық - процестің ұзақтығы.

Жасанды қартаю бірнеше сағат бойы жоғары температура кезінде жүзеге асырылады. Құймалар $100 - 200^{\circ}\text{C}$ температурасы бар пешке жүктеледі, $550 \dots 570^{\circ}\text{C}$ температурада $30,60^{\circ}\text{C}$ / с жылдамдықпен қызады, $3,5$ сағат бойы сақталады және пеште $150 - 200^{\circ}\text{C}$ дейін салқындатады, сосын ауада.

Вибратордың қартаюы мәжбүрлі циклдық кернеулердің әсерінен туындайды - тербелістер - құюда. Діріл кезінде, кернеулер шойынның жергілікті пластикалық деформацияларын тудырып, құйылған кезде пайда болады, осылайша кейінгі соғыс беттеріне төзімділікті

арттырады. Бұл технология қатты қаттылығы жоқ, бір өлшемді немесе екі өлшемді (яғни, бір немесе екі басым өлшемдері) бөліктері үшін ең тиімді.

Статикалық жүктеме әдісі дірілдеу қартаюынан ерекшеленеді, бұл бөлік сыртқы статикалық кернеулерге ұшырайды (0,6,0,75).

Жылулық соққылық әдісі - деформация-термиялық қартаю. Бұл әдіс бүкіл бөліктің немесе оның жеке секцияларының тез қызуы мен салқындатуынан тұрады. Температураның кернеуіне байланысты пластикалық деформацияларға байланысты жергілікті қатты жұмыс күшейгендіктен бүгілуге төзімділік артуда. Жылу соққысы төменде көрсетілгендей орындалады: бланктер дайындаманы қыздыру үшін қажетті температурадан жоғары температурада пешке орналастырылады. Экспозиция жіңішке қабырғаның температурасы алдын-ала анықталған температураға (200.400 ° C) жетпейінше жүргізіледі, содан кейін ауадағы салқындату өте өткір болады. Бұл әдіс қаттылықтың жоғары бөліктері үшін өте тиімді - қораптың үш өлшемді бөліктері. Әдіс үлкен бөліктерге (3,5 тоннадан астам) ие болатын үлкен бөліктерге қолданылмайды, олар қыздыруға және салқындатуға болмайды.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

- 1.Шойынның қандай түрлерін білесіз?
2. Шойынның қандай түрі ақ деп аталады? Ағартқыш және ағартылған шойын дегеніміз не?
3. Шойын графитпен не туралы білесіз? Графиттің шойын түрінде қандай формасы бар?
4. Металл негізінің қандай құрылымы шойын болуы мүмкін?
5. Ең көп және аз берік шойынды деп атаңыз.
6. Сұр, күшті және шойыннан құйылған шойыннан қалай құйылады?
7. Шойынның түрлі түрлері қандай?
8. Шойыннан жасалған бөлшектерге қандай термиялық өңдеу жатады?
9. Шойын бөліктеріне қандай қатайтатын және тұрақтандырушы ем қолданылады?
10. Шойынның қандай түрін металл табактары суықтай илеу үшін қаума алу үшін пайдаланылады?
11. Үйкеліске қарсы қасиеттермен шойын қалай белгіленеді?

ЕРЕКШЕ ҚАСИЕТТЕРІ БАР БОЛАТТАР МЕН ҚОРЫТПАЛАР

8.1. Коррозияға төзімді болаттар

Жалпы мәліметтер. *Коррозия* — бұл қоршаған ортаның ықпалымен металдың беттік бұзылуы. Бұл ретте кейбір металдар (темір, болат) коррозия өнімдерімен —*топпен* жабылады, химиялық және электр химиялық коррозия деп бөлінеді.

Химиялық коррозия газдардың (газдық коррозия) және неэлектродиттердің (мұнай және оның өнімдері) металдарына ықпал етуі барысында дамиды, ол электр зарядының көшіруіне байланысты емес.

Металдардың көбі электродиттер болған кезде *электр химиялық коррозия* нәтижесінде бұзылады: қышқылдар, сілтілер және тұз ерітінділері. Электр химиялық коррозия атмосфералық (дымқыл ауада), топырақты, теңіз суының ықпалымен болады. Электродит болған кезде, микрогальваникалық жұптардың көптігінен туындайды, онда төмендетілген теріс электр химиялық әлеуетімен учаскелер анодтар болып табылады және ериді. Бұл осы агрессивті ортада коррозияға қатынасы бойынша оған анағұрлым электр химиялық әлеуеті көп металдар ұшырамайды. Ауа ортасына қатынасы бойынша үлкен электр химиялық әлеует бар және нәтижесінде коррозияға Pt, Au, Ag, Cu, Ni, Co және кейбір басқа металдар ұшырамайды, ал теріс — Fe, Cr, Zn, Al және басқалары ауада коррозияға ұшырайды.

Егер металдың құрылымы біркелкі (біркелкі қатты ерітінді) болса, онда металдың барлық беті бойынша біркелкі коррозия байқалады. Өркелкі құрылым кезінде коррозия беттің кейбір учаскелерінде ғана дамиды. Коррозияның осы түрі анағұрлым қауіпті, себебі коррозиямен зақымдалған учаскелерге іргелес облыста кернеулердің концентраторлары болып табылады, бұл металдың механикалық қасиеттерін едәуір төмендетеді.

Металдарды коррозиядан қорғаудың бірнеше тәсілдері бар:

- еңжарлату — металдың бетінде ауа оттегісі өтпейтін берік оксидті қабықшаны құру;

• Бір фазалық қорытпаларды қолдану. Қорытпаның түрлі фазалары, әдетте, түрлі электр химиялық әлеуеттерге ие. Бұл осы фазалар агрессивті ортада электролиттік жұптың құрылуына әкеледі, нәтижесінде металдың бұзылады;

• Беттің агрессивті ортамен өзара іс-қимылын төмендету, ол үшін бұйымның беті ажарланады және тегістеледі. Бұйымның бетінде кедір-бқдырлық аз болса, ауда коррозияға қарсы төзімділік жоғары болады.

Анағұрлым таралған конструкциялық материалдар — *жалпы техникалық мақсаттағы болаттар* — коррозияға төзімділігі жоқ. Атмосфера оттегінің ықпалымен болатты бұйымдардың бетінде (Fe_2O_3) темір оксидтерін құрайды, олар ауа оттегінің өтуіне кедергі жасамайтын борпылдақ қабықша ретінде көрсетіледі, сондықтан коррозия металдың ішіне дейін таралады.

Болаттардың коррозияға төзімділігі қорғаныш оксидті қабықшаларды құрайтын және (немесе) электр химиялық әлеуетті көтеретін элементтердің қосындылаумен қол жеткізіледі. Осындай элементтер хром және никель болып табылады. Өнеркәсіпте *коррозияға төзімді хромды және хром-никельді болат* қолданылады.

Хромды болат. Ауа ортасындағы хромда шағын электр химиялық әлеуеті бар, алайда бетте Cr_2O_3 хром оксидінің тығыз және берік қабықшалары туындауы есебінен жоғары коррозияға тұрақтылыққа ие, ол металдың ішіне оттегінің кірмеуіне кедергі жасайды, оның нәтижесінде атмосферадағы коррозия процесі аяқталады.

Болаттардың коррозияға төзімділігі, хроммен қосындылау олардың электр химиялық әлеуеті арттыру есебінен өседі. Алайда, оған болатта хромның белгіленген көлемі кезінде ғана қол жеткізіледі. Болаттың коррозияға төзімділігінің өсуі тұрақты емес, *секірмелі түрде*: оны шамамен 12 мас. % пропорционалды көлемде енгізу кезінде жүреді (8.1-сурет).

$E_0, \text{В}$	
0,20 -	I
-0,2 -	I
-0,4 -	

0,6 -

8 12 16 20 Cr, %

8.1-сурет. Хромды қамтуына байланысты Fe—Cr жүйесі қорытпаларының E_0 электр химиялық әлеуетін өзгерту

Осылайша, конструкциялық хромды болат, бұдан бұрын қарастырылған - 40Х, 40ХФА, 40ХН, 40ХН2МА, 40Х2Н2МА және басқалары — олар хромды кемінде 12 % қамтиды, коррозиялық төзімділігі жоқ.

Өнеркәсіпте хромды 12 және 25 % аса қамтуымен коррозияға төзімді хромды болат қолданылады.

Бірінші топқа 12Х13, 20Х13, 30Х13, 40Х13 болаттар кіреді. Қосындылау $\text{Fe} - \text{Fe}_3\text{C}$ жүйесінің күй диаграммасы Шнүктесін көміртегінің мәні аз облысқа (6.3-суретті қараңыз) ығыстыратынын еске салайық (4.2-суретті қараңыз), яғни перлит құрылымы (эвтектоидты) бар болаттар 0,8 % аз көміртекті қамтиды, бұл ретте аз болған сайын, болат анағұрлым қосындыланған. Осылайша, 12Х13 және 20Х13 болаты эвтектикаға дейінгі (олардың құрылымы күйдірілген күйінде феррит және перлит), 30Х13 болаты — эвтектоидты (құрылымы перлит), ал 40Х13 болаты — эвтектикадан кейінгі (құрылымы перлит, цементит және хром карбиді) болып табылады. Осы топтың болаттары атмосферада, суда, бірқатар қышқылдар мен сілтілердің әлсіз ерітінділерінде коррозияға төзімді.

12Х13 және 20Х13 төмен көміртекті болаттар жоғары емес беріктікке және қаттылыққа ие, іс жүзінде термиялық өңдеу кезінде беріктендірілмейді, олардың артықшылығы — жоғары иілгіштік. Осы болаттар турбиналар қалақтарын, гидравликалық құрылғылардың қақпақшаларын, крекинг-қондырмалардың арматураларын дайындау үшін қолданылады.

Осы топтың болаттарында көміртектің қамтылуын арттыру қаттылық пен беріктіктің ұлғаюына, алайда иілгіштіктің төмендеуіне әкеледі. Күйдірілген күйінде коррозиялық төзімділік күрт төмендейді. Ол хромның бір бөлігі (Cr_{23}C_6) хром карбидінің құрылуына жұмсалуымен байланысты, сондықтан қатты ерітіндіде хромның концентрациясы 12 % жетпейді. Көміртекті 0,3...0,4% қамтитын болаттар үшін Cr_{23}C_6 карбид аустенитінде еруі есебінен қатты ерітіндіні хроммен байытылуын қамтамасыз ететін термиялық өңдеу қажет.

30Х13 және 40Х13 болаты 1000.1100 °С температурада шындауға жатады. Болаттардың шындаудан кейін құрылымы — мартенсит. Болаттарды шындау және төмен жұмсарту (200 °С) шамамен 40 HRC және 50 HRC жеткілікті жоғары қаттылықпен 30Х13 және 40Х13 болаттарын алуға мүмкіндік береді. Осы болаттар хирургиялық құралдар, серпімді элементтер жасау үшін қолданылады.

Екінші топқа аса жоғары электр химиялық әлеуетке ие және демек, үлкен коррозиялық төзімділікке ие 25.30 % Cr (мысалы, 12Х28 болаты) қосындыланған болаттар жатады. Осы болаттар азот қышқылында, тұз қышқылының әлсіз ерітінділерінде және бірқатар басқа қышқылдарында коррозияға тұрақты; оларды химиялық өнеркәсіптің аппаратурасын жасау үшін қолданылады.

Хром-никельді аустенитті болаттар 12 % хром және 9.10 %

никель қосындыланған, никельді аз қамту кезінде коррозиялық төзімділікке қол жеткізілмейді. Никельді осындай қамтумен болаттар *аустенитті* болып табылады (6.4-кіші бөлімін және 6.1, б-суретін қараңыз).

12X18H9 және 12X18H9T (0,12% C, 18% Cr, 9% Ni) около 0,1 % Ti стали (12X18H9T) маркалы хром-никельді болаттар анағұрлым кеңінен қолданылады. Осы болаттардың құрылымы — аустенит, олар полиморфты айналыға ұшырамайды, яғни оларды термиялық өңдеумен беріктендіру мүмкін емес. Алайда, осы болаттардан жасалған бұйымдар қатты ерітіндіні хроммен байыту есебінен коррозиялық төзімділігін арттыру үшін термиялық өңдеуге ұшырайды. Күйдірілген болаттың құрылымында көміртектің бар болуы хром карбиді болады, бұл хромның бәрі қатты ерітіндіде болмайтынын білдіреді. Суда салқындатумен 1 000 °C температурада шыңдау хром карбидін аустенитте ерітуге және тез салқындату кезінде олардың бөлінуін алдын алуға мүмкіндік береді.

2X18H9 болатты қолдану кезінде *кристаларалық коррозияның* пайда болуы қауіптілігі туындайды. Шыңдалған болатты қыздыру кезінде (мысалы, пісіру кезінде) аустенит дөңдерінің шекаралары бойынша ($Cr_{23}C_6$) хром карбидінің бөлінуі мүмкін. Бұл, біріншіден, шекаралас аймақтарда орналасқан аустенит облыстарын шекті деңгейден 12 % төмен хроммен бірігуіне, сондай-ақ микрогальваникалық жұптардың құрылуына әкеледі, себебі түрлі электр химиялық әлеуетімен екі фаза — аустенит және карбид құрылады. Нәтижесінде жергілікті коррозияның көптеген ошақтары туындайды. Кристаларалық коррозияға зақымдалған болаттан жасалған табақ металдық дыбысты шығармайды және кішігірім жүктемелерде ұнтақталып, бұзылуы мүмкін. Коррозияның осы түріне бейімділік алып тастауға болады немесе қосындылаумен — болатқа күшті карбидті құраушы элементтерді, мысалы титанды енгізумен (12X18H9T болаты шамамен 0,1 % Ti қамтиды) күрт төмендетуге болады. Титан бар көміртекті өзінің TiC карбидінде байланытырады, хром карбидтерін құруға көміректі қалмайды, сондықтан бар хром аустенитте ериді.

Аустенитті тот баспайтын болаттар жоғары иілгіштікке жоқ, олар қысыммен жақсы өңделеді. Болаттардың пісіруге бейімділігі де өте жақсы. Болаттарды тойтару есебінен же беріктендіруге болады. 40 % тең түрлендіру кезінде беріктік шегі кем дегенде 2 есе өседі (шамамен 600-ден 1400 МПа дейін). Сонымен бірге тойтарумен беріктендіруге бейімділік кесумен аса төмен өнімділікке әкеледі, себебі болаттар кесу процесінде беріктендіріледі.

Хром-никельді аустенитті болаттар коррозияға қарсылық бойынша хромдылар асып түседі, олар теңіз суында, лактарда, органикалық және азот қышқылдырында, әлсіз сілтілерде коррозияға төзімді. Осы болаттар көрсетілген орталарда жұмыс істейтін бұйымдарды жасау үшін қолданылады.

8.2. Ыстыққа төзімді және ыстыққа берік болаттар және қорытпалар

Ыстыққа төзімді болаттар және қорытпалар. *Ыстыққа төзімділік* (отқаққа беріктік) — бұл металдың жоғары температураларда қышқылдануға қарсы тұру қабілеттілігі. Температура көтерілген кезде металдардың қышқылдану жылдамдығы өседі. Темір 570 °С жоғары температураларда металдың бетін оттегінің ықпалынан қорғамайтын FeO, Fe₃O₄, Fe₂O₃ оксидтерін құрайды.

Болаттардың *отқаққа беріктігі* хроммен, алюминиймен немесе кремниймен қосындылаумен қол жеткізіледі. Осы элементтер болаттың бетінде қышқылдануға қиындататын Cr₂O₃, Al₂O₃, SiO₂ тығыз оксидтерді құрайды.

Қорғаныш оксидті қабықшаның құрылуы тиісті қоспалаушы элементтердің бар болуымен ғана қамтамасыз етіледі. Сондықтан ыстыққа төзімділік болаттың химиялық құрамымен айқындалады және оның құрылымына байланысты болмайды.

800 °С дейін температураларда жұмыс жасау үшін *хромды болаттар* қолданылады. Хромның әсер етуі 15...20 % қамту кезінде анағұрлым көрінеді (12Х17, 15Х25Т болаттары). Аса жоғары температураларда *хром-никельді болаттар* (20Х23Н13) және никель негізіндегі қорытпалар (44.46 % Ni, 15.17% Cr, 2,9...3,9% Al құрамымен ХН45Ю) қолданылады. Кремний және алюминийді қамту 4 % аспайды, аса көп қамту кезінде қорытпала аса нәзік болады.

Ыстыққа төзімді болаттар мен қорытпалар пеш жабдықтарын, шүмекті аппараттарды, газ турбиналық қондырмалардың бұйымдарын жасау үшін қолданылады.

Ыстыққа берік болаттар мен қорытпалар. *Ыстыққа беріктік*— бұл ұзақ жүктеме кезінде жоғары температуралар облысында металдың сырғыштыққа және бұзылуға қарсы тұруы. Температура көтерілген кезде атомаралық байланыстарды күштері нашарлайды және металдар бөлмелік температураға қарағанда анағұрлым төмен кернеулерде бұзылады. Сырғыштық нәтижесінде бұзылу жүреді.

Ыстыққа беріктік материалдың сырғыштыққа қарсы тұруымен сипатталады. Сырғыштық қайта кристалдану температурасынан асып түсетін жұмыс температурасы және сырғыштық шегінен тыс кернеу барысында дамитынын еске салып кетейік (3.2-кіші бөлімін және 3.14-суретті қараңыз). Осылайша, ыстыққа беріктік өз кезегінде металды $T_{\text{балк}}$ балкыту температурасына байланысты T_p қайта кристалдану температурасынан жоғары:

$$T = aT_p + J_{\text{пл}}$$

мұндатехникалық таза металдар үшін $a = 0,3,0,4$; қорытпалар үшін $a =$

0,6,0,8.

Осылайша, ыстыққа беріктікті көтеруге жоғары балқыту температурамен (қиын балқитын) металдарды, сондай-ақ а коэффициентін ұлғайту есебінен қорытпаларды қолданумен қол жеткізіледі. а(0,6 ...0,8) жоғары мәндері қатты ерітінділер үшін тән. Бұл ретте аустенитті болаттар және қорытпалар ферритке қарағанда үлкен ыстыққа беріктікке ие, себебі қайта кристалдану температурасы КОТ торабымен, ҚОТ қорытпаларда жоғары.

Аса жоғары ыстыққа беріктік дәндер шекараларының аз ұзындығымен *ірі дәнді құрылымға* ие, себебі дәндердің шекараларында көптеген ақаулықтар жиналады, бұл оларды металда анағұрлым әлсіз учаскелері қылады. Бұдан басқа, шекаралары бойынша бір дәннен екіншісіне орын ауыстыру нәтижесінде сырғыштық процесі дамиды.

Қысқа мерзімді пайдалануға арналған қорытпалар үшін анағұрлым беріктікті қамтамасыз ететін құрылым оңтайлы болып табылады. Бұл қатты ерітіндіден және екінші фазаның беріктендіргіш дисперсиялық бөлшектерінен тұратын құрылым (2.7-кіші бөлімін және 2.28-суретті қараңыз). Ұзақ пайдалануға арналған қорытпалардың құрылымы бір фазалық болуы тиіс.

Ыстыққа беріктік *ұзақ беріктік шегімен* — уақыт аралығы ішінде белгіленген температурада бұзылуды тудыратын кернеумен сипатталады. Мысалы, $\sigma_{7000} = 200$ МПа, бұл 200 МПа кернеу және 700 °С температурада бұзылу 1000сағаттан ерте болатынын білдіреді.

Ыстыққа беріктік материалдар ретінде қолданылады:

- 600 °С дейін температурада жұмыс жасау үшін Fe_a негізіндегі болаттар; 850 °С дейін температурада жұмыс жасау үшін никельмен (шамамен 18 %) қосындыланған Fe_g негізіндегі аустенитті болаттар;

- 950 °С дейін температурада жұмыс жасау үшін никель немесе темір-никель негізіндегі қорытпалар.

Шамамен 600 °С температурада және 10000.100000сағат жұмыс ұзақтығы кезінде жұмыс жасау үшін төмен көміртекті болат қолданылады, хроммен, молибденмен және ванадиймен (12ХМ, 15ХМ, 12Х1МФ) қосындыланған кішігірім көлемде (1 % дейін) оларды қазандық жабдығының бұйымдары үшін қолданады (бу құбырлары, нығайтқыштар және т.б.).

Сонымен бірге, хроммен және кремниймен қосындыланған шамамен құрамында 0,4 % көміртегі бар болат қолданылады — *сильхром*(40Х9С2, 40Х10С2М). Олардың айрықша ерекшелігі қышқылдануға жоғары қарсы тұруы болып табылады, бұл хром мен кремнийді жоғары қамтумен қамтамасыз етіледі. Сильхромдар ішкі жылу қозғалқыштарының шығару клапандары үшін қолданылады.

Аустенитті болаттар(12Х18Н9Т, 08Х18Н10Т)850 °С дейін температурада жұмыс істейтін бұйымдар үшін қолданылады.

Анағұрлым жоғары температурада жұмыс жасау үшін *темір-никель* (орташа алғанда 15 % Cr, 35 % Ni, 3,0% W, 1,3 % Ti қамтитын ХН35ВТ) немесе *никель негізіндегі*(ХН77ТЮР — 20 % Cr, 2,7 % Ti,1,0

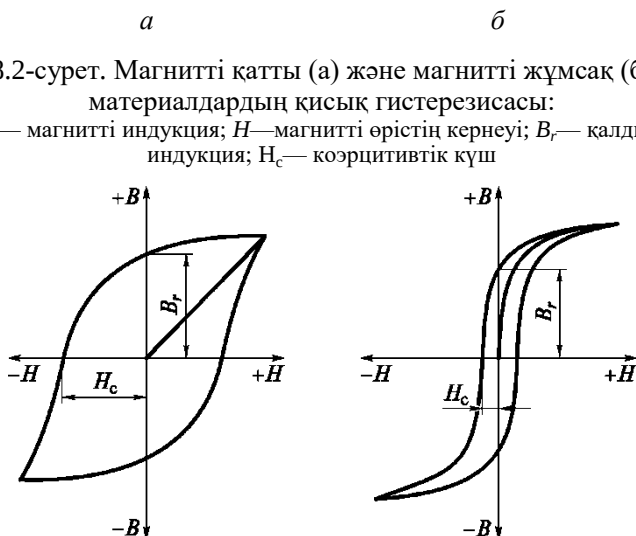
% дейін Fe, до 0,4 % Mn, Ni — негізінде) болаттар қолданылады.

Техникада темірге қарағанда балқыту температурасы жоғары *қиын балқытын* металдар қолданылады (1539 °C). Оларға 2 468, 2 625, 2 996, 1 849 және 3 410 °C балқыту температураларымен Nb, Mo, Ta, Cгi Wc жатады. Таза металдар салыстырмалы төмен ыстыққа беріктігі бар болғандықтан (а коэффициентінің шағын мәні), онда ыстыққа беріктікті көтеру үшін оларды қатты ерітінділерді құрайтын элементтермен қосындылайды. Барлық қиын балқытын металдар төмен ыстыққа беріктігіне ие, осыған байланысты оларға қорғаныш жабындылар салады.

8.3. Ерекше магнитті қасиеттерімен болаттар және қорытпалар

Магнитті болаттар және қорытпалар *магнитті қатты* және *магнитті жұмсақ* деп бөлінеді. Осы материалдар негізгі магнитті сипаттарының шамаларымен ерекшеленеді (3.21-суретті қараңыз): B_r қалдық индукция, H_c коэрцитивтік күш, μ магнитті өткізгіштік. Магнитті қатты материалдар B_r және H_c жоғары мәндеріне ие. Магнитті жұмсақ, керісінше, H_c шағын мәніне және μ жоғары мәніне ие (8.2-сурет).

Магнитті қатты материалдар тұрақты магниттерді жасау үшін қолданылады. Олар күшті магнитті өрістерді магниттеледі, ал одан кейін өрісті алып тастағаннан кейін өзінің магнитті қасиеттерін сақтайды. Магнитті болаттар және қорытпалар B_r қалдық индукцияның және H_c коэрцитивтік күштің жоғары мәндеріне ие (8.2, а-сурет).



Ішкі магнитті өрісті алып тастағаннан кейін қалатын қалдық индукцияның жоғары мәні тұрақты магниттерді жасау үшін магнитті қатты материалдардың қолданылуын анықтады. Коэрцитивтік күштің жоғары мәні тұрақты магниттердің магнитсіздендіруге қарсы тұру қабілеттігіне кепілдік береді.

Коэрцитивтік күш екінші дисперсиялық фазаның қатты ерітіндіде болғанда өседі, кристалдық торда кернеу туындайды, дәндер ұсақталады.

Шағын өлшемдегі тұрақты магниттер У10, У12 көміртекті эвтектоидты болаттардан жасалады. Мартенситке шыңдау үлкен шыңдау кернеулердің туындау салдарынан коэрцитивтік күштің жоғары мәндерін қамтамасыз етеді. У12 болатты суда шыңдаудан кейін келесідей магнитті қасиеттерді иеленеді: $H_c = 4\,800$ А/м; $B_r = 0,8$ Тл. Қосындыланған конструкциялық болаттардаіс жүзінде магнитті сипаттарға, алайда үлкен шынықтыруға ие, сондықтан олардан үлкен өлшемді магниттержі жасауға болады.

Қазіргі уақытта тұрақты магниттер үшін хроммен, вольфраммен, кобальтпен немесе бірнеше бірлескен элементтермен (ЕХ3, ЕХ7В6, ЕХ5К5) қосындыланған 1 % С болат кеңінен қолданылады. Магнитті болаттар Е әрпімен, ал бұдан әрі танымал конструкциялық болат сияқты таңбаланады, мысалы ЕХ9К15М2 болат 1 % С, 9 % Cr, 15 % Со, 2 % Мо қамтиды.

Болаттың жоғары магнитті қасиеттерін алу үшін қалыптандырудан, майда немесе суда шыңдаудан және 10...24 сағат бойы 100 °С кезінде төмен температуралық жұмсартудан тұратын *термиялық өңдеуге* ұшырайды.

Қалыптандыруды карбидтердің коагуляциялауы (өсуі) салдарынан қыздыру процесінде туындайтын «магнитті бұзушылықтарын» жою үшін өткізеді. Нәтижесінде коэрцитивтік күш төмендейді, себебі ол екінші фазаның дәндерінің шағын өлшемдері — оның дисперсиялығы кезінде ғана жоғары мәндерне ие. Шыңдау кезінде салқындату жарықтардың қыртыстануына және құрылуына жол бермеу үшін майда өткізеді, алайда бұл суда салқындатумен салыстырғанда біршама магнитті қасиеттерді төмендетеді. Суықпен өңдеу магнитті қасиеттері арттырады, себебі магнитті емес фаза — аустенит жойылады. Жұмсарту коэрцитивтік күшті біршама төмендетеді, алайда пайдалану процесінде магнитті қасиеттердің тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Болаттар арзан материал болып табылады, алайда олардың магнитті сипаттамалары төмен. Анағұрлым жоғары магнитті қасиеттер Fe — Al — Ni — *альни*, Fe — Al — Ni — Со — *альнико* (мысалы, 8 % Al, 24 % Со, 14 % Ni, 3 % Cu) жүйелерінің қорытпалары ие. Бұл дисперсиялық-қататын қорытпалар. Бұл қорытпалар пластикалық түрлендіруге, кесумен өңдеуге ұшырамайды, олардан бұйымдар кұю арқылы жасалады.

Қорытпалар *күрделі термиялық өңдеуге* ұшырайды. 1300 °С дейін қыздырылған дайындама 160 А/м кернеумен электр магниттің

полюстері арасына орналастырылады және 500 °C дейін одан кейін ауада магнитті өрістің әсерінсіз салқындатады. Жұмсарту 600 °C кезінде орындалады. Осы температурада дисперсиялық қатаю, яғни аса қаныққан қатты ерітіндіден екінші фазаның өте ұсақ бөлшектерінің бөлінуі жүреді (2.7-кіші бөлімін қараңыз), олардың бары коэрцитивтік күшті көтереді. Осындай өңдеуден кейін қорытпалар *анизотропиялық магнитті қасиеттерге* ие болады. Аса жоғары магнитті қасиеттер шыңдау кезінде қосылған сыртқы магнитті өріс бағытында қол жеткізіледі.

Төмен коэрцитивтік күші және жоғары магнитті өткізгіштігі бар *магнитті жұмсақ қорытпалар және болаттар* (8.2,б-сурет) айнымалы магнитті өрістерде жұмыс істейтін өзектерді, магнитті құрылғыларды жасау үшін қолданылады. Магнитті жұмсақ материалдарда біркелкі (гомогендік) құрылымы және ірі дәні болады.

Магнитті жұмсақ материал ретінде *техникалық таза темір* қолданылады. Оны реле өзектерін, тұрақты тоқтың электр магниттерін, электр машиналарының полюстерін жасау үшін қолданады.

Көміртекті және кремниймен қосындыланған электр техникалық болат кеңінен қолданысын өнеркәсіпте тапты (0,05...0,005 % C, 1,0...4,8 % Si). Кремниймен қосындылауы болаттың электрлік қарсылығын арттырады, құйын тоғына шығындарды төмендетеді, магнитті өткізгіштікті арттырады, коэрцитивтік күшті, сондай-ақ гистерезиске шығындарды төмендетеді.

Мәнсіз тойтару магнитті өткізгіштікті қатты төмендетеді және коэрцитивтік күшті көтереді. Жұқартудан кейін құрылымның кернеулері мен кателерін алып тастау, сондай-ақ дәнді ірілендіру үшін электр техникалық болат сутегі атмосферасында 1100.1200 °C кезінде қыздыруға ұшырайды.

Табақты кесу, қалыптау және майыстыру барысында электр техникалық болаттың магнитті қасиеттері нашарлайды. Оларды қалпына келтіру үшін 2 сағат бойы изотермиялық ұстамдылықпен 750.800 °C қыздыру және одан әрі 400 °C дейін баяу (50 °C/сағ) салқындату ұсынылады. Электр техникалық болат жуындығы 0,05-тен 1 мм дейін табактар түрінде жасалады.

Болаттар Э әрпімен және төрт санмен таңбаланады:

- алғашқы әріп жұмсарту түрін және құрылымдық күйін білдіреді (1 — ыстықтай илемделген; 2 — суықтық илемделген изотропиялық; 3 — суықтай илемделген анизотропиялық);

- екінші сан кремнийдің қамтылуын көрсетеді: 0 — 0,4 % дейін; 1 — 0,4...0,8 %; 2 — 0,8.1,8 %; 3 — 1,8.2,8 %; 4 — 2,8.3,8 %; 5 — 3,8.4,8 %;

- үшінші және төртінші сандар — магнитті сипаттамалар және олардың деңгейі (токтың түрлі жиіліктері кезінде магнитсіздендіру барысында магнитті өрістің түрлі кернеуінде магнитті индукцияның және магнитті өткізгіштіктің шығындары).

Темір-никель қорытпалары — пермаллой (40-тан 80 % Ni дейін) —

жоғары магнитті өткізгіштікке ие, бұл әлсіз өрістерді жұмыс істейтін құрылғылар үшін өте маңызды (радио, телефон, телеграф). Пермоллойдың магнитті қасиеттері термиялық өңдеуден қатты тәуелді. Механикалық өңдеуден кейін магнитті қасиеттерді жақсарту үшін пермоллой вакуумда немесе сутегі атмосферасына 1100...1200°C кезінде қыздыруға ұшырайды. Бұл ретте дән іріленеді, қалдық кернеу және көміртегі қоспалары жойылады. Изотермиялық ұстамдылықтан кейін магнитті өрісте салқындату қыздыру барысында магнитті қасиеттерді арттырады.

Магнитті емес болаттар. Электр машина жасауда және аспаптар жасауда көптеген бұйымдар магнитті емес болаттардан жасалады. Бұрында осы мақсаттар үшін түсті металдар қолданылған, ал қазір магнитті емес аустенитті болат кеңінен қолданылады. Осы болаттардың қолданылуы бұйымдардың құнын төмендетеді, сондай-ақ механикалық қасиеттерді арттырады және электр аппаратурада құйын тоқтың жоғалуын төмендетеді.

Өнеркәсіпте 12X18H10, 12X18H10Таустенитті коррозияға төзімді болаттар, сондай-ақ никель марганецпен ішінара немесе толығымен алмастырылған 55Г9Н9ХЗ және 45Г17ЮЗ анағұрлым арзан аустенитті болаттар кеңінен қолданылады.

8.4. Ерекше электр қасиеттерімен металдар

Бұл р төмен (өткізгіштер) немесе жоғары электр қарсылығымен материалдар, ыстыққа төзімді қорытпалар, термоэлектродты қорытпалар.

Жоғары өткізгіштікпен материалдар төмен үлестік электр қарсылықпен ие болуы тиіс $\rho < 0,1 \text{ мкОм} \cdot \text{м}$.

Үздік және анағұрлым қолданылатын өткізгіштіктердің бірі мыс болып табылады $\rho = 0,017.0,018 \text{ мкОм} \cdot \text{м}$, шағын мәндер ρ күмісте ғана — $0,016 \text{ мкОм} \cdot \text{м}$. Қоспалар мыстың электр өткізгіштігін қатты төмендетеді, сондықтан оларды қамту 0,05 % (М0 маркалы) және 0,1 % дейін (М1 маркалы) шектейді.

Мысты сымдар мен ленталар күйдірілген күйінде — ЖМ маркалы (жұмсақ мыс) немесе суық пластикалық түрлендіруден кейін (тойтару) — ҚТ маркалы жеткізіледі. ЖМ жұмсақ мыс иілгіштік пен созымдылық маңызды болатын орауыш және монтаждау сымдары, ток өткізетін шиналар, кәбілдер жасау үшін қолданылады ($\sigma_b = 200... 300 \text{ МПа}$, $\delta = 40...50\%$). ҚМ қатты мыс жоғары қаттылықты, қажалуға қарсылықты және үлкен механикалық беріктікті қамтамасыз ету қажет болғанда қолданылады ($\sigma_b = 350.480 \text{ МПа}$, $\delta = 0,5...0,4 \%$). Одан ауа желілері, электр машиналарының коллектор пластиналары үшін сымдар жасалады.

Алюминий —мыстан кейін қолданысы бойынша өткізгіштік материал. Ол жоғары электр өткізгіштікке (мыс электр өткізгіштігінің 60%) және шағын тығыздылыққа ($2,7 \text{ г/см}^3$) ие. Алюминий мыстан шамамен 3,5 жеңіл (оның тығыздылығы $8,9 \text{ г/см}^3$), сондықтан мысты алюминийге ауыстыру электр энергияны сол берілетін қуаты кезінде сымдардың массасын шамамен 2есе төмендетуге мүмкіндік береді. Бұл ауа желілерінің электр тарату сымдарын жасау үшін кеңін қолданысын айқындады. Бұдан басқа, алюминий трансформаторлар мен электр машиналарының, электр магниттерінің кәбілдері мен орауыштарын жасау үшін қолданылады. Алюминийден диаметрі 0,06-дан 8 мм сым, жуындығы 0,006-дан 0,15 мм фольга, сондай-ақ жуандығы 3-ден 12 мм дейін шиналар жасалады.

Жоғары үлестік электр карсылығымен қорытпалар қатты ерітінділерде оларды құрайтын элементтерге қарағанда жоғары болғандықтан қатты ерітінділер болып табылады.

Реостаттарды және электр өлшеуіг аспаптардың элементтерін жасау үшін *реостаттық* қорытпалар және пештің және электр қыздырғыш құрылғыларының қыздырғыш элементтері үшін қолданылатын *ыстыққа төзімді* қорытпалар болады.

Реостаттық қорытпалар ретінде мыс және никель қорытпалары кеңінен қолданылады: константан (40% Ni, 1,5% Mn, қалдық — Cu) және никелин (45 % Ni, 55 % Cu).

Ыстыққа төзімді болаттар ретінде нихромдар (мысалы, X20H80 — 80% Ni, 20% Cr), фехралдар (X13Ю4 — 13% Cr, 4% Al, қалғаны — Fe), хромалдар (X23Ю5 — 23 % Cr, 5 % Al, қалғаны— Fe) қолданылады. Осы қорытпалар 1100.1200 °C дейін температурада пайдалану үшін қолданылады. Аса жоғары температура үшін — 1500.2500 °C — қиын балкитын металдар вольфрам және молибден (балқыту температурасы тиісінше 3 380 және 2990 °C) және олардың негізіндегі қорытпалар.

Термоэлектродты қорытпалар термопарларды, яғни температура датчиктерін дайындау үшін қолданылады (3.3-кіші бөлімін қараңыз).

Термопаралар үшін қорытпаларға қойылатын негізгі талаптар: термоЭДС үлкен өлшемдері; термоэлектрлік қасиеттерінің тұрақтылығы; жұмыс температуралары интервалында қышқылдануға қарсы тұрақтылығы.

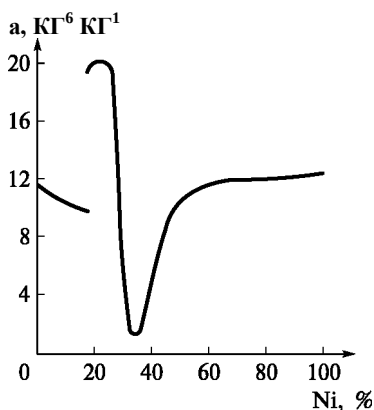
Негізгі термоэлектродты қорытпалар болып табылады: никельжәнемыс-никель: алюмель —НМцАК 2-2-1 (95% Ni, 2% Mn, 2% Al, 1 % Si), хромель— НХ 9,5 (90% Ni, 10% Cr), копель — МНМц 43-0,5 (56,5% Cu, 43% Ni, 0,5 % Mn).

Өнеркәсіптер келесідей термопаралары қолданылады: 600 °C дейін температурада ХК (хромель — копель); 1000 °C дейін —ХА (хромель — алюмель). Жоғары температураларды өлшеу үшін (1600-ден... 1800 °C) термопаралар қолданылады, электродтардың біреуі платина, ал екіншісі платина мен родий қорытпасы — платинородий (термопара ПП: платина — платинородий) болып табылады.

8.5. Ерекше серпімді қасиеттерімен қорытпалар

Аспап жасауда бірқатар жағдайларда мысалы, шыныда сияқты немесе нөлге тең *сызықтық кеңеюдің регламенттелетін температуралық коэффициентімен* қорытпалар талап етіледі (СКТК). Белгіленген СКТК материалдарды таңдау үшін темір-никель қорытпалары қолданылады. Осы қорытпалардың сызықтық кеңеюдің температуралық коэффициенті металдар үшін (3.23-суретті қараңыз) қарапайымнан ерекшеленетін күрделі тәуелділікке сәйкес өзгереді (8.3-сурет). 36 % Ni қорытпасы *инвар* деп аталады (латын тілінен *invariabilis*— өзгермейтін), оны іс жүзінде кеңелмейтін деп есептеуге болады. Осы қорытпа температураның ауытқулары кезінде өлшемдердің өзгеруіне жол беруге болмайтын бұйымдар үшін аспап жасауда қолданылады. Инвардың α коэффициентінің мәні темірге қарағанда бір қатарға төмен: 100 °С кезінде тиісінше $1,5 \cdot 10^{-6}$ және $12,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Никелдің бір бөлігін кобальтқа ауыстыру барысында (29 % Ni, 18 % Co) *ковар* ($\alpha = 5 \cdot 10^{-6}$) деп аталатын қорытпа алынады.

Ерекше серпімді қасиеттер *элинварда* болады —осы қорытпаларда температура өзгерген кезде Е серпімділік модулі іс жүзінді тұрақты болып қалады.



8.3-сурет. Fe— Ni жүйесінің
сызықтық кеңеюдің
температуралы коэффициенті

Бұл темір-никель-хромды қорытпалар (36 % Ni, 8 % Cr). Осы қорытпалардың сызықтық кеңеюдің температуралық коэффициенті $18...23 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ шегінде жатады, бұл көміртекті болаттарға қарағанда шамамен 10 есе аз және аустенитті болаттарға қарағанда 20 есе аз.

8.6. Тозуға төзімді болаттар

Тозуға төзімділік үйкеліс жұптары жұмыс жасайтын шарттары қатты тәуелді болады. Нақты шарттар үшін тиісті болаттар таңдау қажет.

Қаттылығы жоғары болаттар абразивтік тозу шарттарына жұмыс жасау үшін қажет. Тозу тозуға төзімділікті арттыруды қажет ететін бұйыммен жұпта жұмыс жасайтын материалдың қатты бөлшектерін микрокесу есебінен қол жеткізіледі.

Қаттылықтың жоғары мәндері оларды беріктендіру технологиясын қолдана отырып, болаттардың тұтас қатары үшін қол жеткізілуі мүмкін.

Көлемдік және беттік шыңдауға (5.4.2-кіші бөлімді қараңыз) көміртекті жоғары қамтитын болаттар ұшырайды: құрал-жабдықты У10, У12, 8ХФ және мойынтіректі ШХ15, ШХ15СГ (6.5-кіші бөлімді қараңыз). Бірдей қаттылық кезінде анағұрлым жоғары тозуға төзімділікке эвтектикадан кейін болаттар ие, олардың құрылымында шыңдаудан кейін мартенситпен қатар карбидтер — жоғары қаттылықты химиялық қосылыстар болады.

Тозуға қарсы тұратын беттік қабаттардың жоғары беріктігі *химиялық-термиялық өңдеуді* қолданумен қол жеткізіледі: тиісті болаттарды цементтеу, азоттандыру (5.4.1-кіші бөлімін қараңыз).

Тойтаруға бейім *аустенитті болаттар* жоғары қысым және динамикалық жүктемелер шарттарында жұмыс жасау барысында тиімді. Үйкеліс кезінде туындайтын пластикалық түрлендірудің әрекетімен материалдың беті тойтырылады, бұл тозуды төмендетуге әкеледі. Осындай типтің болаттарына *Гадфильд болаты* (110Г13Л) жатады, ол 1,1 % С және 13 % Мп қамтиды. Құйма күйіндегі болаттың құрылымы: аустенит және карбиды $(\text{Fe}, \text{Mn})_3\text{C}$. Осы болаттың барынша тозуға төзімділігі суда салқындатумен 1050.1100 °С температурада шыңдау нәтижесінде қол жеткізіледі.

Шыңдаудан кейін болат аустенит құрылымын және келесідей қасиеттерді алады: $\sigma_b = 800.900 \text{ МПа}$; $\sigma_{02} = 310.350 \text{ МПа}$; $\delta = 25.15 \%$; қаттылығы — 180.200 НВ. Жоғары қысымның және екпінді жүктеменің әрекетімен тойтару нәтижесінде беріктендіріледі, бұл болаттың жоғары тозуға төзімділігін қамтамасыз етеді. Болат жоғары қысым және екпінді жүктеме кезінде тозу шарттарында жұмыс істейтін бұйымдар үшін қолданылады, мысалы шынжыр табанды машиналардың трактары, экскаваторлардың күректері, трамвай айқыштары және т.б. Тойтаруды тудыратын мәні бар жүктемелер болмағанда, осы болаттың тозуға

төзімділігінің артуы байқалмайды. Ол таза абразивтік тозуға нашар қарсылық білдіреді.

110Г13Л болаты кесумен нашар өңделеді. Одан жасалатын бұйымдар құйма немесе сирек кезде ыстық пластикалық түрлендіру әдістерімен алынады.

8.7. Жоғары берікті болаттар

Жоғары берікті болаттарға 1800... 2 000 МПа беріктік шегі бар болаттар жатады. Бұл орташа көміртекті кешенді қосындыланған болаттар, мартенситті-тозатын болаттар мен трипсталдар.

0,45.0,50 % C қамтитын *орташа көміртекті кешенді қосындыланған болаттар*, мысалы 40ХГСНЗВА осындай қаттылықты 250.300 °С температурада шыңдау және жұмсартудан кейін (2000 МПа дейін) алады. Осылайша, иілгіштіктің және екпінді жабысқақтың қанағаттандырылған шамаларына қол жеткізіледі ($5 = 10 \%$, $y = 40 \%$, $KCU = 0,3 \text{ МДж/м}^2$). Беріктік жұмсартудың төмендетілген температурасымен, сондай-ақ көміртекті көп қамтитын болаттарды қолданумен көтерілуі мүмкін. Алайда, бұл ретте болаттың иілгіштігі қатты төмендейді, яғни нәзік бұзылуға бейімділігі артады, нәтижесінде осындай болаттар екпінді жүктемелерге әлсіз қарсы тұрады.

Мартенситті-тозатын болаттар қоспалаушы элементтерді жиынтық қамтуы (никель, кобальт, молибден, алюминий) едәуір 10 % асатын көміртексіз жоғары қосындыланға болаттар болып табылады. Көміртегі қоспа болып табылады — оның қамтылуы 0,04 % аспауы тиіс. Н18К9М5ТЮ (18 % Ni, 9 % Co, 5 % Mo, 0,5 % Ti, 0,1 % Al) болаты кеңінен қолданылады. 840.860 °С шыңдаудан кейін болат төмен беріктікке ие, алайда иілімді болады. Осындай күйінде болат кесумен өндеуге, түрлендіруге ұшырайды, яғни пішін құраушы операциялар жасалады. Беріктендіруге Ni_3Ti немесе $Ni_3(Ti, Al)$ дисперсиялық бөлшектердің бөлінуі есебінен дисперсиялық қатаю нәтижесінде (2.7-кіші юөлімін қараңыз) 480.500 °С кезінде тозумен қол жеткізіледі.

Шыңдаудан және тозудан кейін мартенситті-тозатын болаттарда келесідей механикалық қасиеттері болады: $\sigma_b = 2200.2400 \text{ МПа}$; $\sigma_{02} = 1500.1800 \text{ МПа}$; $5 = 12.15\%$; $y = 40.55\%$; $KCU = 10,6 \text{ МДж/м}^2$.

Мартенситті-тозатын болаттардың дәстүрлі қолданылатын болаттардан маңызды технологиялық ерекшелігін ескеру қажет. Дайындамалардың механикалық өңдеуі болатта ең төмен беріктік қасиеттері болған кезде шыңдауға дейін емес, одан кейін жүзеге асырылады.

Осылайша, көміртекті және қосындыланған болаттарда өлшемдер мен пішіндерде (түрлендіру, қыртыстану) негізгі өзгерістерді тудыратын операция — шыңдау — кесумен өндеуге дейін технологиялық процестіне ең басына шығарылған. Сондықтан мартенситті-тозатын болаттарда шыңдау кернеулері мәнді емес,

сондай-ақ олардың шамасы шағын, сондықтан қоспалаушы элементтердің жоғары қамтылуына байланысты, олар ауада салқындатумен шыңдауды қабылдайды.

H18K10M5TЮ болатын қоспағанда, беріктігі біршама төмен ($\sigma_b = 1600 \dots 1800$ МПа) H12K8M4Г2, H9X12Д2ТБ типтегі аз қосындыланған мартенситті-тозатын болаттар қолданылады.

Жоғары беріктік және екпінді жабысқақтық, мысалы авиацияда қажет болған кезде мартенситті-тозатын болаттар қолданылады.

Трипсталдар — бұл болаттардың салыстырмалы жаңа сыныбы. Типтік құрамы: 0,3 % C; 9 % Cr; 8 % Ni; 4 % Mo; 2 % Mn; 2 % Si. Никель мен марганецтің болуы 1000.1100 °C температурада шыңдаудан кейін беріктігі төмен аустенитті құрылым алуды қамтамасыз етеді. Болаттың беріктігі бөлмелік температурада түрлендіруден кейін өседі, нәтижесінде аустенит мартенситке ауысады (салқындату кезінде алынатын мартенситтен ерекшелігі ол түрлендіру мартенситі деп аталады). Трипсталдар жоғары иілгіштікті сақтай отыра, жоғары беріктікке ($\sigma_b = 1800$ МПа; $\delta = 20$ %). Осы болаттардың айрықша ерекшелігі жарықтың дамуына жоғары қарсылығы болып табылады: оларда K_{Ic} мәні жоғарыда қарастырылған барлық беріктігі жоғары болаттарға қарағанда жоғары болады.

8.8. Пішін жады бар қорытпалар

Қарапайым болаттар мен қорытпалар пластикалық түрлендіруден кейін өз пішінін қайта келтірмейді. Пішін жады әсеріне ие қорытпалардың ерекшелігі суық пластикалық түрлендіруден кейін қыздыру жоғары температурада, яғни бұдан бұрын орындалған ыстық пластикалық түрлендіру кезінде бұйымның пішінін орындау болып табылады. Осылайша, мысалы, егер сымды жоғары температурада шиыршыққа ораса, ал төмен температурада түзетсе (босатса), онда қайта қыздыру пішінді өзгертеді: сым қайтадан шиыршық пішініне қайта оралады және оны салқындату кезінде сақтайды.

Қазіргі уақытта осындай қорытпалардың көп саны белгілі. Осы қорытпалар *мыс* (15 % ат. Ni, 36 % қалд. Al) және *никель* (36 % қалд. Al) негізінде.

Нитинол типтегі қорытпалар анағұрлым таралған (H50T50). Оларда пішін жады әсері мыңдаған циклдар бойы қайталанады. Нитинол токтың автоматты үзгіштерде, сақтау құрылғыларында, температуралық-сезгіш датчиктерде қолданылады.

8.9. Аморфты қорытпалар

Аморфты күйдегі металдар мен қорытпалар, яғни металл шынылары алғашқы рет 1959—1960 жылдары алынды. Олар дәстүрлі кристалдық құрылысы бар құрамдағы қорытпалардан айтарлықтай ерекшеленеді. Түрлі құрамдағы металл шынылары жоғары механикалық, магнитті, коррозияға қарсы қасиеттерге ие.

Бір дән беретін аморфты құрылым аса жоғары салқындату — 10^6 К/с және одан да жоғары жылдамдық кезінде құрылады, оның арқасында ОС және КО кристалдандыру параметрлері нөлге тең болған кезде ең жоғары асыра суытылған дәрежеге қол жеткізіледі (дәстүрлі әдістермен құймаларды алу кезінде салқындату жылдамдығы шамамен 1 К/с).

Осындай жылдамдықты алудың бірқатар әдістері бар.

1. Материалды жоғары жылдамдықты иондық-плазмалық және термиялық тозаңдату, будың одан әрі салқындатылған сұйық азотқа айналуы. Салқындату жылдамдығы шамамен 10^{13} К/с.

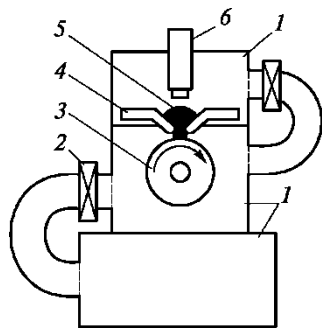
2. Бұйымдардың жұқа беттік қабаттарын лазерлік сәулемен балқыту, бұл ретте жоғары салқындату жылдамдығы жылуды металдың терең қабаттарына тез берумен қамтамасыз етіледі. Салқындату жылдамдығы $10^7...10^9$ К/с.

3. Сұйық күйінен шыңдау. Салқындату жылдамдығы $10^6...10^{10}$ К/с.

Сұйық күйінен шыңдау — метал шыныларын алудың негізгі әдісі. Металл шыныларын лента түрінде алу үшін қондырма схемасы 8.4-суретте келтірілген. Қондырма үш вакуумдық камерадан тұрады. 1. Үстіңгі камерада металдың плазмалық жанарғымен балқуы жүзеге асырылады, ортада мыстан жасалған диск орналасқан, 3, төменгісі вакуумдық резервуар болып табылады. Сумен салқындатылатын мысты тигель 4 үстіңгі және ортаңғы камераларды бөлетін қабырғада орналасқан. Металды тигельге 5 орналастырғаннан кейін 10^{-4} Па қысыммен вакуумды құру ауа айдап шығарылады, одан әрі үстіңгі және ортаңғы камераларға $(5.8) \cdot 10^{-4}$ Па қысыммен аргон түседі. Материал балқытылғаннан кейін

8.4-сурет. Аморфты күйіндегі металдарды алу үшін қондырма схемасы (металл шынысы):

1 — вакуумдық камералар; 2 — дросселді клапан; 3 — мысты диск; 4 — мысты тигель; 5 — металл; 6 — плазмалық жанарғы



ортаңғы камерада қысым дросселді клапанның көмегімен 2 орташа алғанда 10^4 Па дейін түседі. Түрлі қысымның әсірінен балку ортаңғы камераға түседі және айналып тұрған мыс дискісіне тиеді. Сұйық металды үздіксіз беру кезінде аморфты құрылыммен лента құрылады.

Металл шыныларының аморфты құрылымы тұрақты емес, ол анағұрлым тепе-тең, яғни кристалдық пішінді алуға талпынады. Бұл кристалдандыру $T_{кр}$ температурасынан жоғары қыздыру кезінде жүреді:

$$T_{кр} = (0,4...0,65) T_{балк},$$

мұнда $T_{балк}$ — балқыту температурасы.

Осы материалдардың қолданылуы температурамен шектелген. Олар өз қасиеттерін $T_{кр}$ төмен болған кезде ғана сақтайды. Бұдан басқа, оларды шығару түр жиыны шектелген, негізінен ол жұқа фольга, ленталар, жіптер, себебі үлкен қиылыстарда аса жоғары салқындату жылдамдықтарына қол жеткізу мүмкін емес. Негізгі қолдану облысы — микроэлектроника және радиоэлектроника, онда фольга қолданылады және жартылай өткізгіштерде немесе оқшаулайтын төсеніштерде аморфты металдардың жұқа қабықшаларын салу қажет. Алайда, аморфты металдық қорытпалардың осындай қолданылуы технологиялық түсінікпен, сондай-ақ олардың қасиеттерімен айкындалады. Металл шынылары ерекше электр және магнитті қасиеттер ие. Осылайша, $Ni_{80}Si_7B_{80}$ қорытпасының үлестік электрге қарсылығы нихромға қарағанда 1,5 есеп көп (жоғары қарсылықпен дәстүрлі қорытпа).

Темір-кобальт қорытпалары жоғары магниттік өткізгіштікке және шағын коэрцитивтік күшке ие, бұл магнитті жұмсақ материалдар үшін қажет. Коэрцитивтік күш аз болса, дән ірілеу болады, ал аморфты қорытпалардың құрылымы бірыңғай дәнге ұқсас. Олар дәстүрлі пермаллоиды — 45-тен 83 % Ni дейін қамтитын қорытпаларды алмастыра алады.

Құрамына темір, хром және кобальт кіретін аморфты қорытпалар үшін қаттылық пен беріктіктің жоғары шамаларының үйлесуі тән (8.1-кесте).

Аморфты қорытпаларды таңбалауы болаттар мен қорытпалар үшін қабылданған таңбалаудан ерекшеленеді. Олар ұқсас химиялық қосылыспен көрсетіледі.

8.1-кесте

Аморфты металл қорытпаларының механикалық қасиеттері

Құрамы, % (ат.)	ҚаттылығыHV	Беріктік шегі σ_B , МПа
$Fe_{80}B_{20}$	1100	3130
$Fe_{46}Cr_{18}Mo_{20}C_{20}$	1150	4000
$Co_{34}C_{28}Mo_{20}C_{18}$	1400	4100

Сандар элементтің құрамын атомдық проценттерді көрсетіледі, мысалы $\text{Fe}_{80}\text{B}_{80}$.

Жүктелген бұйымдар жасау үшін аморфты қорытпаларды қолдану, екіншіше орай, өндірілетін түр жиынымен шектелген. Жіптер композициялық материалдарды жабдықтау (13-бөлімін қараңыз), ленталар — жоғары қысымды сауыттарды жасау кезінде орау үшін қолданылады. Сонымен бірге, ленталардан серпімді элементтер жасалады.

Нақты бұйымдардың аса жоғары қаттылығына қол жеткізу беттік қабаттарды лазерлік өңдеумен аморфизациялау жолымен іске асыруға болады. Осылайша шойын бұйымын лазерлік өңдеу (3,2 % C, 2,6 % Si, 0,64 % Mn, 0,06 % P) 1200 HV тең беттің қаттылығын алуға мүмкіндік берді. Осындай аса жоғары қаттылық, мысалы құрамында алюминийі бар болаттарды азоттандыру кезінде қол жеткізіледі.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Коррозия деген не? Коррозияны тудыратын себептерді атаңыз.
2. Металдарды коррозиядан қорғау тәсілдерін атаңыз. Әр тәсілген қысқаша сипаттама беріңіз.
3. Коррозияға төзімді болаттардың маркаларын атаңыз. Осы болаттарды қолдану облыстарын көрсетіңіз.
4. Ыстыққа төзімділік және ыстыққа беріктік деген не? Ыстыққа төзімді және ыстыққа берік болаттар мен қорытпаларды қолдану облыстарын атаңыз.
5. Металдардың сырғыштық әсері қандай құбылыстармен негізделген?
6. Сіз магнитті материалдардың қандай типтерін білесіз?
7. Магнитті жұмсақ және магнитті қатты материалдардың қасиеттері және олардың мақсаты?
8. Төмен электр қарсылыққа (өткізгіштік) және жоғары қарсылыққа ие материалдарды атаңыз. Оларды қолдану облыстарын атаңыз.
9. Инвар, ковар, эльинвар типтегі қорытпалардың қасиеттері қандай?
10. Пайдаланудың түрлі шарттары үшін тозуға төзімділік қалай қамтамасыз етіледі?
11. Тозуға төзімді болаттардың маркаларын және облыстарын атаңыз.
12. Сіз қандай жоғары берік болаттарды білесіз? Олардың мартенситті-тозатын болаттардың негізгі технологиялық ерекшелігі неде?
13. Пішін жадының әсері бар қорытпалардың дәстүрлі металдық материалдардан ерекшелігі неде?
14. Пішінді қалпына келтіруге қалай қол жеткізіледі?
15. Қандай шарттарда аморфты металдық қорытпалар құрылады?
16. Аморфты металл қорытпаларының қандай ерекше қасиеттері бар?
17. Аморфты металл қорытпалары өз қасиеттерін қандай температураға дейін сақтайды?

ҚҰРАЛ-ЖАБДЫҚ МАТЕРИАЛДАРЫ

9.1. Құрал-жабдық материалдардың қасиеттеріне қойылатын талаптар

Металл өңдеу өндірісінде қолданылады:

- кесумен өңдеу үшін *кескіш құрал* (ұштау, бұрғылау, фрезерлеу, тегістеу және т.б.);
- пластикалық деформациялау үшін *қалыптау құралы* (соғу, қалыптау, майыстыру және т.б.);
- дайындамалар мен бұйымдардың пішіндері мен өлшемдерін, сондай-ақ материалдардың қасиеттерін бақылау үшін *бақылау-өлшеуіш құралы*.

Кескіш және қалыптау құралдарының көптеген түрлері үшін күрделі пайдалану шарттары тән: жоғары кернеу, қыздыру. Бақылау-өлшеуіш құралы жоғары кернеу шарттарына жұмыс істемейді, алайда одан ұзақ уақыт ішінде аса жоғары нақтылықты сақтау талап етіледі, яғни ол жақсы *тозуға төзімділікке* ие болуы тиіс.

Кескіш және қалыптау құралы жұмыс процесінде аса жоғары байланыс кернеудің ықпалында болады, бұл ретте жан-жақты әркелі қысуға жақын шарттар жасалады. Осындай жағдайда материал пластикалық түрленуге бейім, бұл қыздырумен күшейтіледі. Материалдың пластикалық түрленуге қарсы тұруы *қаттылықпен* сипатталады (3.2-кіші бөлімін қараңыз). Бақылау-өлшеуіш құралында жоғары қаттылық болуы тиіс, себебі осы қасиет тозуға төзімділікті анықтайды (8.6-кіші бөлімін қараңыз). Осылайша, осы жоғары қаттылық материалдарды құрал-жабдық ретінде пайдаланудың негізгі мүмкіндігін анықтайды.

Құралды дайындау үшін жоғары қаттылығы бар немесе термиялық өңдеу кезінде алынатын материалдар қолданылады:

- *құрал-жабдықты болат*, жоғары қаттылыққа термиялық өңдеу есебінен қол жеткізіледі;
- *қатты қорытпалар* және *кескіш керамика* — ұнтақты металлургия әдісімен алынатын материалдар. Осы материалдардың жоғары қаттылығы олардың химиялық құрамымен анықталады: қатты қорытпалар негізінен, ал кескіш керамика толығымен аса жоғары қаттылыққа ие химиялық қосылыстардан тұрады (карбидтер, оксидтер, нитридтер);
- *аса қатты материалдар (АҚМ)*, оған аса қатты материалдар — алмаздар (табиғи және синтетикалық), сондай-ақ бордың текше нитриді

(БТН), қаттылығы бойынша ғана алмазға жол беретін синтетикалық материал.

Кесу және ыстық қалыптау барысында құрал қыздырылады. Материалдың қыздыру кезінде — *жылуға төзімділікті* сақтау қабілеті құрал-жабдық материалдардың маңызды сипаты болып табылады. Кесумен өңдеу кезінде кесу аймағындағы температура кесу жылдамдығы артқан сайын жоғары болады, осылайша жылуға төзімділік осы жағдайда өңдеу өнімділігін айқындайды. Қалыптау болаттың жылуға төзімділігі өңделетін дайындаманың температурасымен айқындалады.

Кесу және қысыммен өңдеу процесінде құралдар динамикалық жүктемелер әр түрлі кернеулердің ықпалына ұшырайды: иілгіштік (көп жүзді кескіш құрал), бұралу (осьтік кескіш құрал), қысу (қалыптау құралы) және сирек созу (тарту). Сондықтан кескіш және қалыптау құралдарының құрал-жабдық материалдары жеткілікті жоғары механикалық сипаттамаларға тән болуы тиіс: *беріктік шегі* және *екпінді жабысқақтық*.

Құрал-жабдық материалының *беріктік модулі* жоғары болған сайын, кесу және қалыптау кезінде серіппелі қысуы аз, бұл өңдеудің нақтылығын және өңделетін беттің аз кедір-бұдырлығын қамтамасыз етеді.

Кесу аймағындағы температура құрал-жабдық материалдың *жылу өткізгіштігіне* және *жылу сыйымдылығына* байланысты. Жылу өткізгіштік жоғары болған сайын, өңдеу аймағынан жылуды бұру қарқынды болады. Материалдың аса жоғары жылу сыйымдылығы кезінде оны белгілі бір температураға дейін қыздыру үшін жылудың үлкен көлемі талап етіледі. Сондықтан бірдей шарттарда үлкен жылу өткізгіштігімен және жылу сыйымдылығымен материалдан жасалған құрал қыздырылады.

Сызықтық кеңеюдің температуралық коэффициенті ең аз болуы жақсырақ. Өңдеу процесінде құралды қыздыру және салқындату кезіндегі көлемді өзгерістер термиялық қажуға әкеледі. Бұл оның жұмыс төзімділігін төмендетеді. Ыстық деформациялау штамптары үшін беттік қабаттардың көлемді өзгерістері туындайтын беттік жарықтардың құрылу құбылысы тән, бұл штамптардың қыздыру — салқындату шарттарында (термиялық циклдеу) жұмыс істеу салдарына байланысты. Қалыптау болаты *қыздыру төзімділігіне* ие болуы тиіс, ол екпінді жабысқақтықты ұлғайту кезінде артады.

Құрал-жабдық материалы жеткілікті жоғары *химиялық төзімділікті* болу қажет. Ол адгезияның пайда болу (құрал-жабдық материалының және өңделетін бұйымның белдесуі) және диффузиялық тозудың туындау (құрал-жабдық материалдың өңделетін материалға диффузиясы) мүмкіндігін алдын алады немесе төмендетеді. Кескіш құрал үшін осы қауіпсіздік үлкен кесу жылдамдықтары кезінде жоғары температураларға байланысты өңдеу аймағында туындайды. Штамптық құрал үшін осындай тозудың мүмкін болуы металдарды

қысыммен құю барысында туындайды (штампық болаттан пресс-пішіндерді дайындау).

Кескіш құралды дайындау көміртекті және қосындыланған болатта аз көлемде, ал тез кескіш болатта көп қолданылады.

9.2. Кескіш құралды дайындауға арналған материалдар

9.2.1. Болат

Көміртекті және қосындыланған құрал-жабдықты болат. Осы болатта жылу төзімділігі жоқ. Олар жоғары қаттылықты шамамен 200 °C температураға дейін қыздыру барысында сақтайды.

Болаттың жоғары қаттылығы (61...64 HRC) мартенсит айналу есебінен ғана қол жеткізіледі. Мартенситтің қаттылығы ондағы көміртектің концентрациясына байланысты, сондықтан құрал-жабдықты болатта қамту жоғары (0,7...1,3%). Көміртекті құрал-жабдықты болатта (У7-ден У13 дейін жеті марка) жеткілікті шыңдау қасиеті жоқ: суда қыздыру барысында У7 болатты шыңдау кемінде 12 мм, ал У12 болатта кемінде 20 мм. Олардан кішігірім өлшемдердегі құралдар ғана жасалады. Бұдан басқа, осы болатты шыңдау суда салқындатумен жүргізіледі. Бұл шалыстанудың немесе жарықтардың пайда болу мүмкіндігін айқындайды.

Төмен қосындыланған болаттың 11ХФ, 13Х және басқаларының шыңдауы біршама жақсырақ. Жоғары қаттылықты — 62.64 HRC—20 мм дейін қимада олар көміртектілер сияқты суда емес, майда шыңдау кезінде алады.

Кешенді-қосындыланған болат ХВГ, ХВСГ, 9ХС20.100 мм қимада шыңдау кезінде қыздырылады, бұл терең шыңдалатын болат.

Болаттың құрылымы және термиялық өңдеу. Болаттың барлығы дерлік эвтектикадан кейінгідер болып табылады (мыналарды қоспағанда, У7 — эвтектикаға дейінгіжәне У8 — эвтектоидті). Осы болаттардың карбидтік фазасы — цементит (M_3C). Қосындыланған болаттарда темір атомдарының бір бөлігі цементитте қоспалаушы элементтердің атомдарымен алмастырылады. Осы топтың болаттарын беріктендіргіш термиялық өңдеу *шыңдауда және төмен жұмсартуда* негізделеді,

Эвтектикаға дейінгі болаттарды *шыңдау* $A_{c3} 30...50^{\circ}C$ жоғары температурадан, эвтектикадан кейінгілер — $A_{c1} 50.70^{\circ}C$ жоғары температурадан орындалады (5.3.1-кіші бөлімін қараңыз). Шыңдау кернеулерін төмендету мақсатында сатылы шыңдау қолданылуы мүмкін (5.3.4-кіші бөлімін қараңыз).

Осы топтың болаттарының құндылықтарына ТВЧ шыңдауды орындау мүмкіндігін жатқызуға болады. Олардың шыңдау температурасы балкытуды бастау температурамынан едәуір төмен, себебі ТВЧ қыздыру едәуір қыздырумен жүзеге асырылады.

Шыңдалған болаттың құрылымы: шыңдау мартенситі, қалдық аустенит және цементит (эвтектоидтан кейінгі болаттарда). Қалдық аустениттің құрылымда бар болуы жол берілмеген жағдайда, суықпен өңдеу жүргізіледі.

Жұмсарту температурасы 150.200 °С. Қыздырудың аса жоғары температурасы кезінде мартенситтің ыдырауымен және цементиттің ұюымен байланысты елеулі осалдануы жүреді (5.4-кіші бөлімін қараңыз). Жұмсарту процесінде шыңдау кернеуі төмендейді, бұл беріктіктің және екпінді жабысқақтықтың өсуіне әкеледі, бұл ретте қаттылық мәнсіз төмендейді (1.2 HRC) және жоғары болып сақталады. Жұмсартудан кейінгі құрылым: жұмсарту мартенситі, цементит және қалдық аустенит.

Қыздыру— болаттарды осалданатын термиялық өңдеу — өңдеулікті кесумен жақсарту үшін орындалады. Қыздыру нәтижесінде тілімшелі емес, дәнді перлиттің құрылымы алынады, бұл кесумен аса жоғары өңдеулікті қамтамасыз етеді. Қыздыру температурасы эвтектоидтан кейінгі болаттар үшін A_{c1} біршама жоғары, эвтектоидқа дейінгі болаттарда A_{c3} жоғары.

Эвтектоидтан кейінгі болаттардың құрылымында цементит торына жол берілмейді (цементит тілімшелерінің дәннің айналасында орналасуы), бұл болаттың жоғарылатылған нәзіктігіне әкеледі. Осы ақаулықты жою үшін қалыптандыру қолданылады (5.2-кіші бөлімін және 5.12-суретті қараңыз).

Қасиеттері және қолдану облыстары. Болатты түпкілікті термиялық өңдеуден кейін қаттылықты 61.64 HRC және беріктік шегін 2000.2500 МПа алады. Осы топтың болаттарында жылуға төзімділігі болмағандықтан, оларды қолданудың негізгі облысы — төмен кесу жылдамдықпен жұмыс істемейтін құралдарды дайындау (5.10 м/мин дейін). Бұл қолмен ұсталық құрал (таңбалаушы, бұранда кескіш, қашау, егеу); тарту, себебі тарту төмен жылдамдықпен жүзеге асырылады. Осы топтың болатынан бұрғы дайындалады.

Тартулар мен бұранда кескіштерді дайындау барысында шыңдау кезінде шағын түрленуді қамтамасыз ету талап етіледі. Ол үшін ХВГ (тарту), ХВСГ (бұранда кескіш) болаты терең шыңдау қолданылады, оларға термиялық өңдеу кезінде түрленуге шағын бейімділік тән.

Бұрғылар У13 және 13Х болаттардан жасалады, бұл ретте жаппай өндіріс шарттарында ТВЧ шыңдау қолданылады. Бұрғылар және таңбалаушылар 9ХС болаттан жасалады. Кескіш құралдан басқа, осы болаттардан суық қалыптау құралы, сондай-ақ жоғары қаттылықпен қамтамасыз етілетін тозуға төзімділік талап етілетін бұйымдар жасалады (біліктердің денгейлерін бағыттайтын жарақтардың бұйымдары).

Тез кескіш болат. Тез кескіш болаттың негізгі қасиеті — *жылуға төзімділік*, оның арқасында олар 600 °С жоғары температураға дейін қыздыру барысында жоғары қаттылық сақталады. Бұл мартенсит айналыммен, одан кейін дисперсиялық қатаюмен үйлестірілетін осы

сыныптың болаттарын бекітудің күрделі тетіктерімен байланысты.

Жоғары жылуға төзімділікті қол жеткізу үшін көміртек диффузиясы күрделінген, беріктендіргіш фазаны қыздыру барысында ұюға қарсы жоғары беріктікпен жоғары қосындыланған күрделі ерітінді болуы тиіс. Бұл тез кескіш болаттар карбидтерді құрайтын қатты карбид құраушы элементтермен қосындылауы есебінен іске асырылады. Тез кескіш болаттардың негізгі қоспалаушы элементтер химиялық ұқсастық болып табылады: вольфрам және (немесе) молибден, болаттың құрамына хром және ванадий міндетті түрде кіреді. W және Mo бар болуына байланысты болат вольфрам, вольфрамомолибден және молибден деп бөлінеді.

Тез кескіш болаттың белгіленуі конструкциялық болаттарға қарағанда біршама ерекшеленеді. Олар Р орыс әрпімен белгіленеді (*rapid* ағылшын тілінен — тез), одан кейін болаттағы вольфрамның қамтылуы санмен көрсетіледі. Барлық тез кескіш болаттарда хромның құрамы шамамен 4 % құрайды және маркада ванадийдің (2 %) және көміртектің (0,7...0,9%) құрамы көрсетілмейді. Осы элементтердің белгілері едәуір құрамда болған кезде ғана тез кесетін болаттың маркасына кіреді. Осыны анағұрлым таралған болаттың негізінде көрсетейік. Р18 болаты 18 % W, Р6М5 болаты — 6 % W және 5 % Мо қамтиды, осы болаттарда көміртектің, хромның және ванадийдің құрамы көрсетілген шегінде болады.

Тез кескіш болаттардың құрылымы. Тез кескіш болаттардың құрылымы күйдірілген түрінде хромның бір бөлігі ерітілген ферриттен және қоспалаушы элементтердің карбидтерінен тұрады: вольфрамның немесе молибденнің (1200 HV) (Р18 және Р6М5 болаттарының құрылымында ол шамамен 18 % көлемінде болады), хромның — $M_{23}C_6$ (оның қаттылығы 1000 HV, көлемі шамамен 9 %) және ванадийдің негізгі карбиді — MC (2500 HV, көлемі 1,5.2 %) (формуладағы сандар атомдардың және тиісінше көміртектің атомдар санын көрсетеді).

Осы карбидтердің құрамы күрделі. Негізгі карбид құраушы элементтің атомдарынан басқа, оларда темірдің және өзге де қоспалаушы элементтердің атомдары белгілі көлемде ерітіледі (дәл осымен карбидтердің осындай белгіленуі байланысты). Осылайша, M_6C карбид құрамына хром, ванадий, темір атомдары кіреді, бұл ретте вольфрам болаттарда карбидтер негізі — W (75 % мас. дейін), молибден болатта — Мо (62 % мас. дейін), вольфрамомолибден болатта — W және Мо.

Техникалық өңдеу. Тез кескіш болатты беріктендіргіш термиялық өңдеу қаттылық пен жылуға төзімділіктің жоғары мәндерін қамтамасыз етуі тиіс. Оған шыңдау кезінде алынатын қатты ерітіндіні жоғары қосындылау және жұмсарту процесінде интесивті дисперсиялық қатау есебінен қол жеткізіледі.

Шыңдаумен қыздыру тез кескіш болаттың M_6C негізгі карбидін аустенитте еріту есебінен қатты ерітіндінің жоғары қосындылауын

камтамасыз ету керек. Ол 1200 °C жоғары температура кезінде интенсивті ерітіледі, ол жоғары температуралардан тез кескіш болатты шыңдау қажеттілігін айқындайды: P18 үшін 1270... 1290°C және P6M5 үшін 1210...1230°C.

Шыңдаудан кейін құрылымда ерітілмеген *артық* карбидтердің бөлігі қалады. Қалдық карбидтердің рөлі — жоғары температурадан еріксіз орындалатын шыңдаумен қыздыру кезінде дәннің өсуін ұстау (ірі дән кезінде беріктік пен жабысқақтық төмедейді). Аустенитте көміртектің және қоспалаушы элементтердің жоғары концентрациясы мартенсит айналымының басталуы (M_n) мен (M_k) аяқталу температурасының төмендеуіне әкеледі. M_k температурасы теріс температуралар облысында жатады, сондықтан шыңдалған тез кескіш болаттың құрылымында қалдық аустениттің үлкен көлемінде жеткілікті сақталады (30 % дейін).

Осылайша, шыңдаудан кейінгі құрылым: шыңдау мартенситі (M_z), карбидтер (К) және қалдық аустенит ($A^\wedge$).

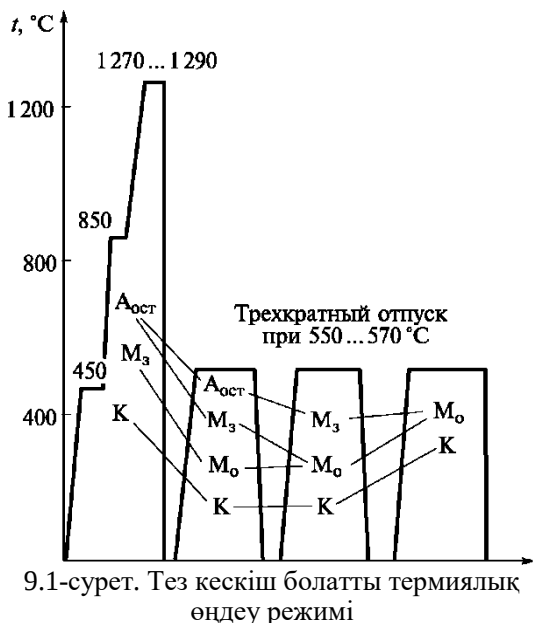
Тез кескіш болатты *жұмсарту* барысында мыналар іске асырылады:

- Дисперсиялық қатаю;
- шыңдау кернеуін алып тастау, яғни шыңдау мартенситінің жұмсарту мартенситіне айналуы (M_o);
- қалдық аустениттің мартенситке айналуы (аустенит қатты қаттылыққа ие емес).

Осы міндеттер шешіледі, біріншіден, жұмсарту кезінде термиялық ұстау температурасын тандау, екіншіден жұмсарту бірнеше рет орындауы есебінен шешіледі.

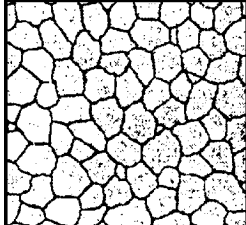
Термиялық өңдеу технологиясы. Тез кескіш болаттан жасалған құралды классикалық беріктендіргіш термиялық өңдеу 550...570°C кезінде *шыңдаудан* және үш мәрте (екі мәрте) *жұмсартудан* және 1 сағат изотермиялық ұстаудан тұрады (9.1-сурет).

Шыңдаумен қыздыру ($a^\wedge$ у)-айналу температурасын жоғарылататын температуралар кезінде алдын ала ысытумен жүзене асырылады. Тәжірибеде болатты пеште шамамен 850 °C және балқытылған тұзда 1050 °C дейін жылытады. Бұл қыздыруды шыңдау температурасына дейін баяулатады және іс жүзінде тез қыздыру салдарынан термиялық кернеудің туындауын алдын алады.

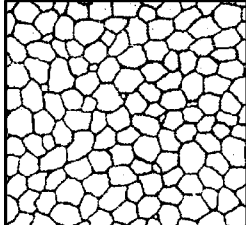


Қыздыру барысындағы ұстамдылық диаметрі 1 мм-ге 15... 20 (қалыңдық), ал түпкілікті қыздыру кезінде —1 мм-ге шамамен 10 с кұрайды. Қаттылықтың жоғалуына апаратын құралдың беттік қабаттарын көміртексізденуді алдын алу үшін шындаумен қыздыруды газ атмосферасында емес, сұйық ортада — балкытылған тұзда жүзеге асырылады (түпкілікті қыздыру кезінде BaCl_2 , жылыту кезінде $\text{BaCl}_2 + \text{NaCl}$). Шындау кезінде суыту майда немесе ыстық ортада жүзеге асырылады. Шындау температурасын таңдау дұрыстылығы шындалған болаттың микрошлифін өңдеумен айкындалатын аустенитті дәннің шамасы бойынша бағаланады. Дән стандарттың шкаланың 11 — 10 баллына сәйкес келуі тиіс (9.2-сурет). Осындай құрылым қасиеттердің қажетті үйлесуін қамтамасыз етеді: қаттылық пен жылу төзімділігінің жоғары мәндері және қанағаттандырылған беріктік пен жабысқақтық. Шындау температурасының оңтайлы температурасынан тыс көтерілуі (қатты қыздырылуы) қаттылық пен жылуға төзімділіктің өсуіне әкеледі, алайда бұл ретте беріктік пен жабысқақтық дәннің өсуіне байланысты төмендейді. Оңтайлы температуралардан төмен температураларда шындау (қыздыру кемдігі) қарама-қарсы әсерге әкеледі.

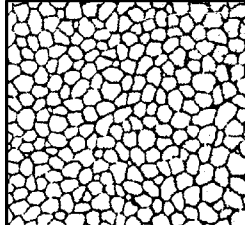
Жұмсарту тұзда (селитрада) немесе ауа атмосферасында қыздырумен жүзеге асырылады. Изотермиялық ұстамдылық уақытында 550.570 °C температурасында жұмсарту процесінде (9.1-сурет) карбидтер мартенситтен де, аустениттен де бөлінеді.



Балл 10 Балл 7



Балл 11 Балл 8



Балл 12 Балл 9

9.2-сурет. Тез кескіш болат дәнінің ірілік шкаласы ($400\times$)

Бұл ретте шыңдау мартенситін жұмсарту (ол $M_a \wedge M_o$ жұмсарту мартенситіне айналады), шыңдау кернеулерін алып тастау, сондай-ақ аустениттің қосындылауын төмендету жүреді. Соңғы процестің салдары M_n және M_k температураның артуы болып табылады, оның нәтижесінде изотермиялық ұстамдылықтан кейін салқындату кезінде қалдық аустенит мартенситке айналады ($A_{o_{ст}} \wedge M_3$).

Қалдық аустениттің негізгі бөлігі бірінші жұмсарту нәтижесінде мартенситке айналады. Алайда, вольфрам болаттарда бұл айналым толығымен жүрмейді. Осы болаттардың құрылымы бірінші жұмсартудан кейін жұмсарту мартенситінен (шыңдау кезінде алынған мартенситтен жұмсарту нәтижесінде пайда болды), шыңдау мартенситінен (қалдық аустенитті жұмсартудан кейін салқындату кезінде құрылды), қалдық аустениттің кішігірім көлемінен және артық және жұмсарту процесінде бөлінген карбидтерден тұрады. Екінші жұмсарту процесінде аустениттің іс жүзінде толық айналуы жүреді. Болаттың құрылымы: M_o , M_3 , К. Үшінші жұмсарту екінші жұмсарту процесінде мартенситтік айналуымен туындаған кернеулерді алып тастау үшін орындалады (құрылымы $M_o + K$). Қалдық аустениттің шағын төзімділігімен вольфрамомолибден болат үшін екі мәрте жұмсарту жүргізу жеткілікті.

Қатты ерітіндіден карбидтердің бөліну процесі — диффузиялық, яғни уақытқа байланысты. Жұмсартудың қабылданған температурасы кезінде изотермиялық ұстамдылықтың ұзақтығы 1 сағат құруы тиіс екіндігі анықталды.

Осалданатын термиялық өңдеу ретінде ($a \wedge g$)-айналу температурасынан жоғары қыздыруды (вольфрам болат үшін $840... 860^\circ\text{C}$ және вольфрамомолибден болат $800... 830^\circ\text{C}$, осы температура барысындағы ұзақ термиялық ұстамдылықты (кемінде 3 сағат) және одан әрі $25.30^\circ\text{C}/\text{сағ}$ аспайтын жылдамдықпен аса баяу салқындатуды қамтитын күйдіру қолданылады. Күйдіру кесумен өндеуді жақсарту үшін дәнді перлиттің құрылымын және шағын қаттылығын қамтамасыз етуі керек.

Тез кескіш болаттың құрамы мен қасиеттері. Тез кескіш болат сыныптамасының негізіне қасиеттер бойынша жылуға төзімділік алынған, ол кесудің жол берілетін жылдамдығын, яғни өндеу өнімділігін анықтайды. Жылуға төзімділік тез кескіш болаттың

стандартты сипаттамасы болып табылады. MEMCT 19265—73 сәйкес ол «қызуға төзімділік» деп аталады және қосымша төрт сағаттық жұмсарту температурасымен бағаланады (бұл қыздыру түпкілікті термиялық өңделген болатты үлгілерінде орындалады), одан кейін қаттылықтың белгіленген деңгейі сақталады — 58 HRC. Мысалы, Кр58 = 640 °С, бұл 640 °С кезінде төрт сағаттық қыздырудан кейін болаттың беріктігі 58 HRC құрағанын білдіреді.

Қалыпты жылуға төзімді болаттарға 63.65 HRC қаттылығымен вольфрам (P18, P12, P9) және вольфрамомолибден (P6M5) болаттар жатады, Кр58 = 610.620 °С, олар болатты ($\sigma_b > 800.1000$ МПа), шойындарды (255.280 НВ дейін қаттылықпен) және жақсы өңделелуге қабілетті (мыс, алюминий, мырыш) түсті металдар мен қорытпаларды өңдеу үшін арналған.

Жылуға төзімділігі жоғарылатылған болаттар. Осы топтың аса жоғары жылуға төзімділігі көміртекті 1 % дейін, ванадийді 3.4 % дейін қамтылуын арттыру және (немесе) кобальтті енгізу есебінен қол жеткізіледі).

Жоғары көміртекті болаттардың ішінен анағұрлым таралған 10P6M5 (1 %С) маркалы болат болып табылады, ол P6M5 құрамында көміртекті 0,2 %-ға артық қамтуымен ғана ерекшеленеді. Олардың негізгі ерекшелігі — 65.66 HRC дейін жоғарылатылған қаттылық. Осы болатты төзімділігі өлшемдік тозуды лимиттейтін (қашаулар, таңбалаушылар, үнгілер) құралды, сондай-ақ қаттылығы жоғарылатылған (260.300 НВ) жақсартылған болатты өңдеу үшін қолданған оңтайлы.

Болатта 1,5.2,0 % тыс ванадийдің қамтылуын ұлғайту жоғары қаттылыққа (2500 НУ) ие VC ванадий карбиді көлемінің өсуіне әкеледі. Сондықтан *жоғары ванадий* болаттары жоғарылатылған тозуға төзімділікке ие. Сонымен бірге, ванадий карбидінің бары болаттың ажаралануын едәуір нашарлатады, сондықтан болатта ванадийді қамту шектелген және 4 % аспайды (P12Ф3, P6M5Ф3). Жоғары ванадий болаттарда жоғарылатылған қаттылығы 65...66 HRC және жылуға төзімділігі — Кр58 = 630 °С болады, сондықтан оларды абразивтік қасиеттеріне ие материалдарды өңдеу үшін қолданған орынды.

Қаттылық (67.70 HRC дейін) және қызуға төзімділіктің (645.650 °С дейін) ең жоғары мәндері *кобальт болатқа* (P9K5, P6M5K5, P12Ф4K5, P9M4K8Ф) тиесілі. Олар ыстыққа төзімді және тот баспайтын болат пен қорытпаларды, сондай-ақ жоғары қаттылықпен материалдарды (40.45 HRC дейін) өңдеу үшін қолданылады.

9.2.2. Қатты қорытпалар және кескіш керамика

Жалпы мәліметтер. *Қатты қорытпалар* — бұл металдық байланыспен қосылған қиын балқытылатын металдардың карбидтерінің немесе карбонитридтерінің дәндерінен тұратын

материалдар. *Кескіш керамика* қатты химиялық қосылыстардан ғана тұрады: оксидтер, карбидтер, нитридтер.

Осы материалдардан бұйымдарды жасаудың негізгі әдісі — *ұнтақты металлургия*. Осы технологияның құймадан ерекшелігі ең дегенде құрамдауыштардың біреуі бұйымдарды пісіру — өндірістің соңғы операциясы процесінде қатты күйінде қалады, бұл осы құрамдауыштардың жоғары температурасымен шартталған.

Ұнтақты металлургияның технологиясы. Ұнтақты металлургияның негізгі технологиялық процестері мыналар болып табылады:

- ұнтақтарды алу;
- қоспаларды дайындау;
- қоспаларды фомалау;
- пісіру.

Бастапқы құрамдауыштардың *ұнтақтарын алу* үшін шикізаттың жаратылысына байланысты түрлі технологиялармен алынады.

Дайындамаларды одан әрі пісіру үшін *формалау* түрлі әдістермен жүзеге асырылуы мүмкін: пресс-формаларда қысу, гидростатистикалық қысу, мүштікті қысу (шприцтеу немесе батыңқы қысу әдісі), шыланқұрамды құйма (суспензияларды құю). Ұнтақты металлургияда анағұрлым таралған технология прессформаларда қысу.

Қоспаны жақсырақ тығыздау үшін оған созғыш заттар қосылады: бөлшектердің және пресс-форма қабырғаларының бір-біріне деген сырғуын жеңілдететін *пластификаторлар* (мысалы, парафин). Бұдан басқа, пластификаторлар дайындамалар желімдеуіш қасиеті есебінен бірама беріктік береді. Осындай дайындамаларды кесумен немесе тікелей формалаудан кейін немесе дайындамаларды кесумен өңдеуді жеңілдететін оларды үлкен кеуектілігі болған кезде 800... 1000 °C барысында алдын ала пісіруден кейін өңдеуді болады. Бұл күрделі пішімдегі бұйымдарды жасауға мүмкіндік береді, алайда жоғары нәзіктік салдарынан кесу барысында дайындамалардың үгілуі немесе сынуы мүмкін.

Пісіру — түпкілікті технологиялық операция, оның процесінде кеуек заттың ықшамды *аз кеуекті* немесе *кеуексіз* материалға айналуы жүреді. Пісіру процесінде кеуекті төмендету есебінен тығыздылық ұлғаяды, яғни бастапқы мөлшерленген қоспаның көлемі, оның апшуы төмендейді.

Пісіру суықтай қысудан (СҚ) кейін қосымша жүктемелерсіз, қысу және пісіру процестерін қосу — ыстықтай қысу (ЫҚ), жан-жақты қысу шарттарында — ыстық изостатикалық қысу (БИК) кезінде орындалуы мүмкін. Соңғы әдіс СҚ немесе ЫҚ кейін негізгі немесе қосымша операция ретінде қолданылады. Оны жоғары қысымды (300 МПа дейін) пештерде жүзеге асырады, ол бейтарап газды беру есебінен қол жеткізіледі.

Ең арзан әдіс СҚ болып табылады, оны жаппай өнімдерді — кескіш қиын балқытылатын пластинкаларды дайындау үшін қолданылады. Ыстықтай қысу технологиясы кеуекті 2-ден 0,5 % дейін төмендетеді

және механикалық қасиеттерді жоғарылатады. Алайда, олар едәуір энергия сыйымды, жоғары берікті графиттен қымбат тұратын қысу жабдығын қолдануды талап етеді. Ыстықтай қысу ең бастысы үлкен габариттегі бұйымдарды жасау үшін қолданылады: талшықтар, тарту шарлары. Ыстық изостатикалық технологиясы күрделі жүктелген штампты құралды дайындау үшін қолданылады. Екі технология керамиканың төмен беріктігіне байланысты одан пластинкаларды дайындау үшін қолданылады. БИК әдісімен алынған керамика максималды төзімділікке ие.

Қатты қорытпалар. Қатты қорытпалардың негізгі фазасы 80 % немесе одан көп көлемде карбидтер немесе карбонитридтер болып табылады. Қатты қорытпаларда жоғары қаттылық (87.92 HRA) және жылуға төзімділік (800.1 100 °C) болады, сондықтан кесудің шекті жылдамдығы қиын балқытылатын құралды қолданған кезде сондай жоғары — 100.300 м/мин.

Қатты фазаның типіне— карбидтерге, карбонитридтерге — және *металл-байланысқа* байланысты қатты қорытпалар келесідей төрт топқа бөлінеді:

- WC— Co— вольфрам кобальт типі ВК;
- WC— TiC— Co — титан вольфрам кобальт типі ТК;
- WC— TiC— TaC— Co — титан тантал вольфрам кобальт типі ТТК;
- TiSi TiCN— (Ni+ Mo) — вольфрамсыз қорытпалар, негізгі карбид және титанның карбонитриді типі ТН және КНТ.

Вольфрамокобальт қорытпалар ВК әріптерімен және құрамындағы кобальт санын көрсететін санмен таңбаланады, мысалы ВК6 болаттың құрамы: 94 % WC және 6 % Co. Кескіш құрал үшін ВК3, ВК4, ВК6, ВК8, ВК10 қорытпалары қолданылады.

Қорытпада кобальт саны болған сайын, оның беріктігі жоғары болады, алайда, бұл ретте қаттылық пен тозуға төзімділік төмендейді. Осылайша, ВК3 қорытпасының қаттылығы мен беріктігі тиесінше 89,5 HRA және 1176 МПа, ал ВК10 қорытпасы — 87 HRA және 1764 МПа құрайды. ВК қорытпаларының жылуға төзімділігі 900 °C. Осы топтың қорытпалары басқа қатты қорытпалармен салыстырғанда үлкен беріктікке ие.

Кобальтті қамту бойынша қорытпаларды үш топқа бөлуге болады: төмен кобальтті (3...8 % Co), орташа кобальтті (10... 15 % Co) және төмен кобальтті (20.30% Co). Кескіш құрал үшін 10 % дейін кобальтті қамтитын қорытпалар, яғни төмен кобальтті қорытпалар қолданылады. Кобальтті көп қамтитын қорытпалар штампты құрал үшін қолданылады.

Қатты ерітінділердің қасиеттеріне едәуір ықпалды карбидті бөлшектердің өлшеміне көрсетеді.

Қатты ерітінділердің сыныптамасы карбидтердің өлшеміне байланысты төменде келтірілген:

Қорытпалардың түрлері	Карбидті бөлшектердің өлшемдері, мкм
Ерекше ұсақ дәнді (ЕҰ)	 1,3
Ұсақ дәнді (М).....	 1,6
Орташа дәнді	 2,0
Ірі дәнді (В)	 3,4

Карбидтердің өлшемдерін төмендету қаттылықтың ұлғаюына әкеледі, алайда бұл ретте беріктік төмендейді. Осылайша, ВК6-ОМ қорытпасының қаттылығы мен беріктігі — 90,5 HRA және 1270 МПа, ВК6 қорытпасы — 90HRA және 1420 МПа, ВК6-В қорытпасы — 87,5 HRA және 1660 МПа.

Ерекше ұсақ дәнді құрылымды алу үшін қорытпалардың құрамына пісіру кезінде вольфрам карбидтерінің (WC)өсуіне кедергі жасайтын тантал карбиді (TaC) енгізіледі (ВК6-ОМ және ВК10-ОМ қорытпалары ТаС2 % қамтиды). Алайда, қымбаттылығына байланысты, тантал карбидінің орнына ұқсас ықпал көрсететін хром карбиді қолданылады. Қорытпаның белгілеудеу осы жағдайда Х әрпі енгізіледі: ВК10-ХОМ, ВК15-ХОМ.

ВК топтарының қорытпалары ең бастысы материалдарды өңдеу үшін қолданылады, оларды кесу барысында, бірінші кезекте шойындардың, сондай-ақ түсті металдардың шыны пластиктердің және басқалардың жарықшақ жоңқалары (сусымалы) құрылады. Осындай материалдарды өңдеу барысында динамикалық жүктеме туындайды, бұл жоғарылатылған беріктікпен қатты ерітінділердің қолданылуын алдын ала анықтайды. Ұсақ дәнді қорытпалар негізінен қиын өңделетін материалдарды өңдеу үшін қолданылады (кесу аймағында температурасы жоғары). Карбидтердің шағын өлшеміне байланысты ұсақ дәнді қорытпалардан жасалған құралда қайрау кезінде аса өткір кескіш жиегі болады. Бұл өңделген беттің кедір-бұдырлығын қатты төмендетеді.

Титановольфрамокобальтті қорытпалар әріптер мен сандар комбинациясымен белгіленеді. Т әрпінен кейін сан қорытпалар құрамындағы титан карбидін көрсетеді, К әрпінен кейін —кобальтті көрсетеді. Мысалы, Т15К6 қорытпасының құрамы: 15% ТЮ, 6% Со, 81% WC.Т30К4, Т15К6, Т14К8, Т5К10 қорытпалары қолданылады.

ТК қорытпаларының қаттылығы ВК қарағанда көбірек, себебі ТЮ қаттылығы — 3220 НВ, алWC— 2080 НВ. Қорытпалар жылуға төзімділігі бойынша артықшылығы бар — 1000 °С, алайда олардың беріктіктігі құрамда кобальтпен бірдей болған кезде төмен. Кобальттің қамтылуын ұлғайту қаттылық пен жылуға төзімділігін біруақтылы төмендетумен беріктіктің артуына әкеледі. Осылайша, Т30К4 қорытпасынан Т5К10 қорытпасына қаттылық 92-ден 87 HRA дейін төмендейді, ал беріктік 980-нен 1420 МПа дейін өседі.

ТК топтарының қорытпаларынан иірімелі жоңқадан, яғни болаттан материалдарды өңдеу үшін құрал жасалады. Болатты өңдеу кезінде

жарықшақ жоңқасымен шойырдан ерекшелігі құрал өңделетін материалмен тұрақты байланыста болады, бұл оның қатты қыздырылуын анықтайды. Сондықтан құрал-жабдық материалынан жоғарылатылған жылуға төзімділік талап етіледі. Бұдан басқа, құрал-жабдықты және өңделетін материалдың үздіксіз байланысы шарттарында қажетсіз өскіндерді құраушы процес туындайды — адгезиялық байланыстардың туындауы. Болатты ТК қорытпаларымен «белдесу» аса жоғары температурада жүреді. Бұл өңдеуді аса жоғары жылдамдықпен орындауға мүмкіндік береді. Бұдан басқа, болат — ТК жұбындағы адгезия күші болат — ВК қарағанда шамамен 10 есе төмен. Сондықтан кесу күшінің ықпалымен ТК қорытпасынан жасалған құралда құралдың материалымен байланысы нашар өскінді ғана жою мүмкін, ал ВК қорытпасынан жасалған құралда кескіш жиектің сынуы да мүмкін.

Титанотанталовольфрамкобальтті қорытпалар. ТТК қорытпаларының белгіленуі ТК ұқсас: екінші Т әрпінен кейінгі сан ТЮ және ТаС карбидтерінің жиынтық қамтылуына көрсетеді.

ТТ7К12, ТТ8К6, ТТ10К8 ТТ20К9 қорытпалары қолданылады. Тең жылуға төзімділік кезінде (1 000 °С) ТТК қорытпалары қаттылығы және беріктігі бойынша ТК қорытпаларынан асып түседі. Осылайша, ТТ8К6қорытпасы Т15К6 қорытпасын қаттылығы (тиісінше 90,5 және 90 НРА) және беріктігі (1 323 және 1176 МПа) бойынша асып түседі. ТТК қорытпалары циклдық жүктемелер барысында анағұрлым тиімді, сондықтан оларды негізінде күштік және температуралық жүктемелермен кесудің қиын шарттары үшін қолданылады: кесудің үлкен қиылыстары, үзілмелі кесу, қиын өңделетін (мысалы, ыстыққа төзімді) материалдарды өңдеу.

Вольфрамсыз қатты ерітінділер (ВҚЕ). Осы қорытпалар кобальт байланыспен емес, никельмолибденмен карбид (ТН) және титан карбонитриді (КТН) негізінде. КНТ16 қорытпасының құрамы: 74% TiCN, 19,5 % Ni, 6,5 % Mo.ТН20 қорытпасы 79 % TiC, 15 % Ni, 6 % Mo қамтиды.

ВҚЕ жылуға төзімділігі бойынша беріктігі және серпімділік модулі бойынша вольфрам қорытпаларынан ғана (800 °С) кем.

ВҚЕ жылу сыйымдылығы және жылу өткізгіштігі дәстүрлі қорытпаларына қарағанда төменірек. Бұл кесу кезінде бөлінетін жылудың бірдеу көлемі барысында ВҚЕ жасалған құралдың кескіш жиегі тез қыздырылады. Осының барлығы кесудің жоғары жылдамдығы барысында осы құралдың анағұрлым төмен төзімділігін анықтайды. Аса төмен беріктікке байланысты ВҚЕ кесудің үлкен берілістермен және тереңдіктермен күштік кесу барысында дәстүрлі қорытпаларға елеулі орын береді. Аса төмен құнына қарамастан, ВҚЕ кеңінен қолдану кескіш құрал жасау үшін проблемалы. Осы қорытпаларды өлшеуіш (ұштық шаралар, калибрлер) және сым тартатын құралдарды жасау үшін қолданған анағұрлым орынды.

Кескіш керамика. «Керамика» сөзі Афин — Керамия ауданының

атауынан шыққан (*keramos* грек сөзінен — күйдірілген материал), онда қышшылар өз өнімдерін өндірген. Дәстүрлі керамика — бұл мәрмәр, фаянс, черепица, кірпіш.

Қазіргі уақытта керамика ерекше механикалық, химиялық, жылу физикалық қасиеттерімен *конструкциялық материал* ретінде кеңінен қолданылады. Оны құрал-жабдықты материал ретінде өнеркәсіпте анағұрлым қолданады.

Кескіш керамика құрамы бойынша бөлінеді:

- *оксидті* — магний және цирконий (ак) оксидтерінің қоспаларымен 99 % Al_2O_3 ;

- *оксидті-карбидті* — қиын балқытылатын металдардың (қара) оксидтері мен карбидтерінің қоспаларымен 60...80 % Al_2O_3 ;

- *оксидті-нитридті* — Al_2O_3 және TiN (кортинит);

- *основе кремний нитриді негізінде* — Si_3N_4 (Силинит-Р).

Қатты қорытпаларға қарағанда, керамика металл-байланысты қамтымайды, оның құрамына тек қатты құрамдауыштар кіреді: оксидтер, карбидтер, нитридтер. Сондықтан керамикалық материалдарда аса жоғары жылуға төзімділік (1200.1400 °C) және қаттылық (96 НРА дейін) болады, бұл 400.600 м/мин жылдамдықпен кесуді орындауға мүмкіндік береді. Иілгіш фазаның керамиканың құрылымында болмауы кескіш керамиканың жоғары нәзіктігін және төмен беріктігін анықтайды.

Оксидті керамика, Al_2O_3 алюминий оксидінен ғана тұратын керамикалық материалдардың механикалық қасиеттері төмен. $\sigma_{изг}$ беріктік шегі 200.350 МПа құрайды.

Керамиканың беріктігі мыналар есебінен артады:

- кеуектілікті азайту есебінен, бұл ГП қолданумен қол жеткізіледі;
- дәннің шамасын төмендету, ол үшін керамиканың құрамына MgO қоспаларын енгізу барысында пісіру температурасы төмендетіледі;

- ZrO_2 -цирконий диоксидімен қосындылау (5... 15% мас.), бұл қысу кернеуіне тап болатын аймақтың құрылымында туындауына әкеледі;

- жарықтың таралуын ұстайтын SiC кремний карбидінің монокристалдық талшықтарымен (мұрттарымен) жабдықтау. SiC 30 % қамту кезінде беріктік 25.30 % арттырылады, бұдан басқа, керамиканың жылу өткізгіштігі артады.

Оксидті-карбидті және оксидті-нитридті керамика. Осы материалдар ұсақ дәнді құрылымы есебінен үлкен беріктікке ие — олардағы дәннің шамасы Al_2O_3 негізінде керамикамен салыстырғанда шамамен 2 есе төмендейді.

Олардың құрамында алюминий оксидін қоспағанда, қиын балқытылатын элементтердің карбидтері немесе нитридтері кіреді. Оксидті-карбидті және оксидті-нитридті керамика материалдардың механикалық қасиеттері ГП және цирконий диоксидін (ZrO_2) қосындылау жолымен дәнді ұсақтау есебінен ақ үшін сияқты қосымша жоғарылауы мүмкін.

Нитридті керамиканың негізі — Si_3N_4 кремний нитриді. Таза

кремний нитридінен қалың материалды алу белсенді қоспалардың болуымен ғана қол жеткізіледі: MgO магний, Y_2O_3 иттрий, ZrO_2 цирконий оксидтері, сондай-ақ активатордың кешенді қоспасы — $Y_2O_3 + Al_2O_3$.

Қоспа ретінде оксидті және ($Al_2O_3 + AlN$) алюминий нитридин пайдалану кезінде металдар және бейметалдар атомдар санының қатынасы 3/4 тең болғанда,

9.1-кесте

Кескіш керамиканың құрамы мен қасиеттері

Керамика түрлері	Марка	Құрамы	Пісіру түрлері	Қаттылығы HRA	Беріктігі $\sigma_{\text{нзт}}$ МПа
Оксидті	ЦМ-332	$Al_2O_3 + MgO$	СҚ	91	300.350
	ВО-13	То же	СҚ	92	400.450
	ВШ-75	То же	ГП	93	400.600
Оксидті карбидті	ВЗ	$Al_2O_3 + TiC$	сондай	93	650
	ВОК-60	$Al_2O_3 + TiC + ZrO_2 + HfO_2$	сондай	93	650
Оксидті нитридті	ОНТ-20 (Кортинит)	$Al_2O_3 + TiN$	сондай	93	640
Нитридті	Силинит-Р	Сиалон + TiN	сондай	95	500.700

кремний нитридинде алюминий мен оттегінің қатты ерітіндісі құрылады — *сиалон* ($SiAlON$). Сиалон кремний нитридімен салыстырғанда термиялық ыдырауға қарсы төзімділікке ие.

Титан нитридтерінің бөлшектерін, яғни екінші фазаны сиалондық матрицаға енгізу қаттылықтың және беріктік сипаттамалардың артуына әкеледі.

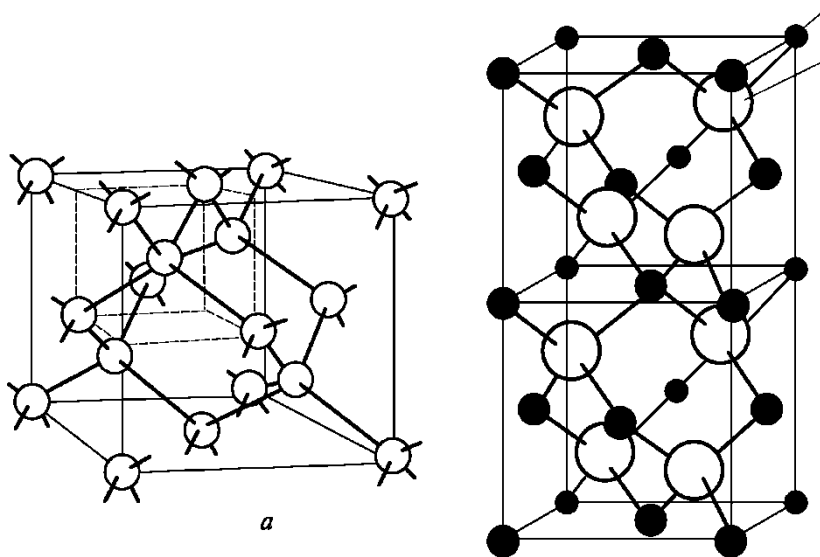
Түрлі топтардың керамикаларының маркалары, құрамы және қасиеттері 9.1-кестесінде келтірілген.

9.2.3. Аса қатты материалдар

Құрылымы және қасиеттері. Алмазда және бордың текше нитридинде (БТМ) 18 атомды қамтитын кристалдық торы болады: 8 атом текшенің ұшында, 6 — жиектің орталықтарында және 4 — сегіз текшенің төртеуінің орталықтарында орналасады, қарапайым текше ұяшықтың жиектер орталықтары арқылы өтетін өзара үш перпендикулярлы тегіспен бөлінуімен құрылған (9.3-сурет).

Алмаздың торында барлық атомдар — бұл көміртектің атомдары (9.3, а-сурет). Бордың текше нитридінің торында бордың атомдары текшені бұрыштарында және оның жиектерінің орталықтарында, ал азоттың атомдары — өзара үш перпендикулярлы тегіспен құрылған

сегіз текшенің шінен төртеуінің орталығында орналасалы (9.3, б-сурет).



9.3-сурет. Алмаздың (а) және бордың текше нитридінің(б) кристалдық торы

Бұл ретте қарапайым ұяшыққа азоттың төрт атомы (олардың әрқайсысына бір ғана ұяшықтан тиесілі) және бордың төрт атомы тиесілі (текшенің бұрыштарында орналасқан бордың сегіз атомының әрқайсысы сегіз қарапайым ұяшыққа жатады, яғни бір ұяшыққа бір атомнан келеді ($8 \cdot 1/8 = 1$), ал жиектердің орталықтарындағы алты атомның әрқайсысы екі ұяшыққа жатады ($6 \cdot 1/2 = 3$) яғни ұяшық үш атомнан келеді). Осындай текше тор сфалерит (минерал, ZnS мырыш алдамшысы модификацияларынан бірі) үшін тән, сондықтан БТМ жиі BN_{sf} деп белгілейді.

Тордағы атомдар аса берік ковалентті байланыстармен байланған, бұл алмаздың және БТМ қасиеттерін айқындайды. Олар үшін, ең алдымен, қаттылық пен балқыту температурасының өте жоғары мәндері тән.

Алмаз — микроқаттылығы 100 ГПа (10000 кгс/мм^2) кезінде табиғаттағы ең танымал минералдардың ең қаттысы, алмаздың E сермiпдiлi модулі барлық танымал қатты заттарға қарағанда жоғары — 900 ГПа. Осы қасиеттер бойынша бордың текше нитриді алмазға ғана орын береді, оның микроқаттылығы 93 ГПа құрайды (9250 кгс/мм^2), $E = 720$ ГПа. Жоғары қаттылық едәуір нәзіктілікті айқындайды. Бор нитридінің берiктiктi сипаттамасы алмазға қарағанда төменiрек.

БТМ алдындағы артықшылықтары: аса жоғары жылу өткізгіштік, сондай-ақ термиялық кеңеюдің ең аз коэффициенті, алайда алмаз да,

БТМ де осы параметрлер бойынша өзге құрал-жабдықты материалдардан асып түседі.

Алмаздың және БТМ химиялық төзімділігі өте жоғары. Олар қоюланған және сұйытылған қышқылдарда ерімейді. Алмаздың ерігіштігі сілтілер, нитрий ерітінділерінде және селитра калийде және тұзда байқалады, атап айтқанда алмаз қышқылданады және жанып кетеді. Бор нитриді 400 °С жоғары қыздыру кезінде сілтілер ерітінділерінде және сілтілі металдардың тұзында ериді. Алмаздың ауада қолданылуы 800... 1000 °С температураларымен шектелген, осы температураларға дейін қыздыру кезінде ол көмірқышқылды газ бөле отырып, жанып кетеді, алайда оттеті өтпесе, алмаз 2 000 °С— алмаздың графитке полиморты айналу температурасына дейін берік болады. Бор нитридінің көзге көрінер қышқылдануы аса жоғары температура барысында —1 200 °С кезінде бір сағаттық ұстамдылықтан кейін басталады.

Жоғары температура кезінде алмаздың темір негізіндегі қорытпалармен белсенді диффузиялық өзара іс-қимыл байқалады. (а ^ у)-айналудан төмен температурада (ферритте) көміртектің ерігіштігі аз — кемінде0,02 %, — аса жоғары температурада (аустенитте) ол күрт өседі (4.2-суретті қараңыз).

Алмаздың және бордың текше нитридінің физикалық-механикалық қасиеттері 9.2-кестеде келтірілген.

Алмаз — табиғи зат, ал БТМ зат ретінде табиғатта табылмаған. *Зергерлік алмаздарға* сапасы жоғары, жетілдірілген пішінді, мөлдір немесе бірдей боялған, жарықтар мен қосылыстары кристалдар жатады. Олардың үлесі өндіруде шамамен 20 % құрайды.

Аса қатты материалдардың физикалық-механикалық қасиеттері

Материал	ҚаттылығыHV	Материал	ҚаттылығыHV
Алмаз	10000	Кремний карбиді	3 500
БТМ	9250	Монокорунд	2300
Бор карбиді	4200	Электрокорунд	2000

Алмаздың және БТМ массасы қараттарда өлшенеді (0,2 г). Алмаздың 1 кар массасы орташа диаметрі шамамен 5 мм. Алмаздардың ірілілігі әдетте үлкен емес. Дәндердің өлшемдері көбінесе көлденеңде миллиметр үлесінен 5...10 мм дейін ауытқиды. Кейбір кен орындарында алмаз дәнінің өлшемі миллиметрдің жүзінші үлесін құрайды. Алайда, грек жаңғасы, тауық жұмыртқасы және жұдырық шамасымен ірі алмаздар мәлім.

Өндірілетін алмаздардың негізгі үлесі (80 %) — техникалық. Техникада алмаздың әмбебап қасиеттері, атап айтқанда оның жоғары қаттылығы мен тозуға төзімділігі іске асырылады.

Жоғары қысым технологиясын дамыту 1950-ншы жылдардың ортасында бірқатар елдерде жасанды алмаздарды алуға мүмкіндік берді. Біршама кейінірек, 1960-ншы жылдарда БТМ синтезделді. Қазіргі уақытта алмаз бен БТМ синтезі көптеген елдерде, соның ішінде Ресейде игерілді. Синтез арнайы камераларда өте жоғары қысым (5 000 МПа жоғары) және температура (2500 °С және одан да жоғары) шарттарда орындалады.

Алмаз бен ТММ негізіндегі аса қатты материалдар (АҚМ). Ұстаралы құралды жасау үшін негізінен жасанды АҚМ және сирек табиғи алмаздарды кристалдар ретінде, сондай-ақ ұнтақтарды пісіргеннен кейін қолданылады.

БТМ негізінде аса қатты материалдар композиттер деген атау алды. Композит 01 (эльбор), композит 02 (белбор) және композит 09 (ПТНБ) — бұл жартылай кристалдар.05 және 10 (гексанит-Р) композиттері БТМ бөлшектерін пісірумен алады. Шетелде бор нитридi негізінде АҚМ осы технология бойынша ғана өндіріледі. АҚМ ұнтақтарын пісірумен алынатын материалдардың топтары ең сансыз болып табылады, себебі түрлі қасиеттерді қамтамасыз ететін түрлі технологиялық нұсқалар мүмкін (байлау, пісіру технологиясы және т.б.), бұдан басқа, үлкен өлшемдегі дайындамалар алынады.

Алмазды жартылай кристалдардың ішінен АСПК (карбонадо) және АСБ (баллас) маркалы АҚМ жасалады, олар табиғи алмаздарға сәйкес келетін құрылымының бірдейлігіне байланысты аталған. Алмаздың дәндерін пісірумен алынған материалдардан СВБН және СКМ (карбонит) маркалы АҚМ өндіріледі.

АҚМ дайындамаларын металл ендірмелерге қысылады, олар одан кейін құралдың корпусына бекітіледі немесе шекіледі және корпусстың пазасына дәнекерленеді

9.2.4. Тозуға төзімді жабындыларды салу есебінен ұстаралы құралдың төзімділігін арттыру

Жабындысы бар құрал беттік қабаттардың қаттылығын арттыру есебінен жоғары тозуға төзімділігіне ие. Негізгі тозуы бір қырмен, ал қайта қайрау басқа қырмен дамитын құрал үшін жабындылар анағұрлым тиімді, мысалы шүйделенген құрал (бұрамдық жонғыштар, таңбалаушылар және т.б.). Осы жағдайда құралдың жоғарылатылған тозуға төзімділігі қайта қайраудан кейін сақталады. Тозуға төзімді жабындылар тез кескіш болаттан және қатты ерітінділерден жасалған құралдарға салынады.

Құралдың бетін беріктендірудің келесідей түрлері қолданылады:

- *химиялық-термиялықөңдеу* (азоттандыру, нитроцементация және

т.б.);

- *электролитті жабындылар (хромдау);*
- *адгезиялық жабындылар* (иондық-плазмалы тозандату, газдық фазадан тұндыру).

Химиялық-термиялық өңдеу (ХТӨ) тез кескіш болаттардан жасалған құрал үшін орындалады. Диффузия құралдың жабындысы мен материалдың аса қатты байланысын қамтамасыз етеді. Өнеркәсіпте беттік қабаттарды азотпен немесе азотпен және көміртекпен толтырудың газдық және сұйық технологиялары қолданылады.

Азоттандыру және нитроцементация — *газдық* процестер. Олардың ұзақтығы конструкциялық бұйымдардың ұзақ процестеріне қарағанда 1...2 сағат. Бетте вольфрам (молибден) және хром негізінде нитридтерден және карбонитридтерден жұқа қабат құрылады. Беріктендірілген қабаттың тереңдігі 0,01.0,025 мм, оның қаттылығы 1300. 1400 HV (тез кескіш болаттың қаттылығы шамамен 850 HV). Газдық процестердің елеулі жетіспеушілігі жергілікті беріктендірудің мүмкінсіздігі немесе қиындылығы, ол құралдың кескіш бөлігі үшін ғана қажет, ол артқы ілмекке зиян. Үйкеліс коэффициентін төмендетуіне байланысты құрал қысқыш жабдықта бұрылуы мүмкін. Газдық процестер пісіру құралы үшін қолданылуы мүмкін емес, себебі олар 540.550 °C температурада конструкциялық болаттан жасалған артқы ілмектердің қаттылығының жоғалтуына әкеледі (45, 40X, 40XФА болаты).

Циандау және карбонитрация — құралдың беттік қабаттарын азотпен және көміртекпен толтырудың *сұйық* процестері. Процестердің температурасы 540...550°C, ұзақтығы қабаттың қажетті тереңдігіне байланысты 5-тен 25 мин дейін. Процестің шағын ұзақтығы барысында беріктендірілген қабаттың тереңдігі 0,007.0,010 мм (ұсақ өлшемді құрал үшін), ең үлкен кезінде — 0,015.0,030 мм құрайды. Қабаттың қаттылығы 1000.1100 HV. Химиялық-термиялық өңдеу құралдың төзімділігін 1,3 — 1,5 есе жоғарылатады.

Сұйық процестер жергілікті беріктендіруді жүргізуге мүмкіндік береді, олар аса жедел. Олардың елеулі жетіспеушілігі — улағыштық, сондықтан жұмыскерлердің қатаң қауіпсіздік шараларын және қатаң экологиялық қорғалуын қамтамасыз ету керек.

Электролитті (гальваникалық) жабындылар. Құрал үшін жоғарылатылған қаттылығы (900.1000 HV) және төмендетілген үйкеліс коэффициенті бар *жалтырақ хроммен* жабынды қолданылады.

Бұл жабынды диффузиялық жабындыға қарағанда құралдың болатымен әлсіз байланысқан, төмендетілген жылуға төзімділігі бар — 400 °C дейін қыздыру барысында қаттылықтың көзге көрінерлік төмендеуі жүреді. Кесу барысында құралға жабысатын жұмсақ және жабысқақ материалдарды өңдеу кезінде хромдалған құралды қолданған анағұрлым ұтымды: алюминий қорытпалары, баббиттері. Жабысқақтық үйкеліс коэффициентін төмендету салдарынан — жабындысы жоқ болатпен салыстырғанда шамамен 2 есе азаяды (0,08 және 0,19 —

баббитпен жұпта үйкеліс коэффициенттері).

Адгезиялық жабындылар физикалық (ФОП) немесе (ХОП) тұндыру әдістерімен алынады. Құралға аса жоғары қаттылыққа ие *нитридтердің, карбидтердің, оксидтердің* бір қабатты немесе көп қабатты жұқа (бірнеше микрон) жабындылары салынады (титан карбидінің қаттылығы 3 200 HV, титан нитридінің — 2500 HV). Жабындылар құралдың төзімділігін орташа алғанда 2 — 4 есе көтереді, төзімділікті 8 — 10 есе арту жағдайлары белгіленген.

Жабындыларды физикалық тұндыру салыстырмалы төмен температураларда — шамамен 500 °С, яғни тез кескіш болаттарды жұмсарту температурасынан төмен кезінде орындалады. Осы технология тез кескіш болат пен қатты ерітінділерден жасалған құралды беріктендіру үшін қолданылады.

Өнеркәсіппен *иондық бомбылаумен конденсациялаудың* (ИБК) әдісі кеңінен игерілген. Оны, атап айтқанда титан нитриді (TiN) жабындысының құралына салу үшін қолданылады. Осындай жабындымен құрал алтын сияқты түске оранады.

Тиімді *құрамдастырылған беріктендіру*— алдын ала азоттандыруға ұшыраған құралған титан нитридің жабындыға салу. Осындай технология беттен негізгі металға — тез кескіш болатқа қаттылықтың анағұрлым біртіндеп өзгеруін қамтамасыз етеді: титан нитридінің қаттылығы 2 500... 3 000 HV, азоттандырылған қабаттың (ішқабатты) қаттылығы 1300...1400 HV, ал беріктендірілген тез кескіш болаттың қаттылығы 840.850 HV. Бұл құралдың қасиеттерін жақсартады, себебі азоттандырмай титан нитриді қабықшасын салғаннан кейін алынған қаттылықтың күрт айырмасы кернеулер концентраторы болып табылады.

Жабындыларды химиялық тұндыру қиын балқытылатын құралды беріктендіру үшін ғана қолданылуы мүмкін. Ол жоғары температураларда — шамамен 1 000 °С газдық ортада жүргізіледі, бұл тез кескіш болаттан құрал үшін жол берілмейді. *Карбидтен және титан нитридінен, титан карбонитридінен және алюминий оксидінен* жабындылары анағұрлым таралған. Жабындыларға үлкен беріктікке ие жоғары кобальтті қамтумен қатты ерітінділерден көп қырлы пластинкалар салынады. ХОП нәтижесінде жабындының және қатты қорытпаның қатты адгезиялық байланысы құрылады.

9.2.5. Абразивтік материалдар

Жалпы мәліметтер. *Абразивтік құрал* машина жасауда түпкілікті өңдеу, ірі — сыдырлау үшін қолданылады. Соңғы жағдайда өңдеудің жоғары өнімділігі алынады.

Абразивтік материалдар (абразивтер) ретінде жоғары қаттылыққа ие табиғи және жасанды заттар, яғни карбидтер, оксидтер, нитридтер, алмаздар қолданылады.

Абразивтер әр түрлі материалдарды ажарлау және тегістеу үшін арналған. Осы операцияларды орындау үшін қолданылады:

- Еркін күйінде *абразивтік ұнтақ*;
- *абразивтік құрал* (өрістер, сегменттер, кесектер, қабықшалар), онда абразивтік дәндер органикалық, керамикалық немесе металдық байланыспен қосылған;
- *пастлар*, олардың құрамына абразивтік ұнтақтан басқа, жабысқақты майлауыш заттар кіреді.

Абразивтік ұнтақтар ірілілігіне байланысты (негізгі фракция дәнінің өлшемі) *ажарлау дәніне* (160.2000 мкм), *ажарлау ұнтағына* (40.125 мкм), *микроұнтағына* (3.63 мкм) бөлінеді.

Металл өндеуде электрокорунд (алюминий оксиді Al_2O_3), кремний карбиді (SiC), СТМ (БТМ және алмаз) анағұрлым таралған.

Аса қатты материалдардың салыстырмалы абразивтік қабілеттілігі

Материал	Абразивтік қабілеттілігі	Материал	Абразивтік қабілеттілігі
Алмаз	1,0	Кремний карбиді	0,25.0,45
БТМ	0,58.0,60	Монокорунд	0,15.0,25
Бор карбиді	0,50.0,60	Электрокорунд	0,14.0,16

Абразивті бірдей жұмсау кезінде ажарланған эталондық материалдың (шынының) массасымен бағаланатын абразивтердің *абразивтік қабілеттілігі* шамамен қаттылыққа пропорционалды (9.3-кесте). Абразивтік қабілеттілігі бойынша алмаз басқа абразивтік материалдарға қарағанда асып түседі.

Электрокорунд. электрокорундтың келесідей түрлері шығарылады: қалыпты, ақ, қосындыланған, монокорунд және сферокорунд

Қалыпты электрокорунд 92...96 % Al_2O_3 қамтиды, оның қаттылығы 1900...2000 HV. Al_2O_3 алюминий оксидін *ақ электрокорундта*, *монокорундта* (монокристалдар түрінде) және *сферокорундта* (куыс салалар ретінде) қамту 97.99 % жоғары, қалғаны — қоспалар.

Ақ электрокорундтың және сферокорундтың қаттылығы — 2 000.2100 HV. *Қосындыланған корундтар* (хромды, титанды, цирконийді) алюминий оксидін қоспағанда, өзге металдардың оксидтерін қамтиды. Корундтың осы түрлерінде біркелкі құрылымы және аса жоғары механикалық қасиеттері болады, олардың қаттылығы 2000.2400 HV.

Қалыпты электрокорунд органикалық байланыстағы өрістерді және көміртекті шындалмаған болатты, шойындарды, түсті металдарды өңдеу үшін қолданылатын пасталар үшін қолданылады.

Ақ электрокорунд көміртекті, қосындыланған, тез кескіш болатты өңдеу үшін қолданылады. Одан абразивтік құралды (өрістер, қабықшалар) және пасталар өндіру үшін ажарлау дөңдерін, ажарлау ұнтақтарын және микроұнтақтар жасалады.

Монокорунд қиын өңделетін болат және қорытпаларды өңдеу үшін қолданылады. Өңдеу процесінде монокристалдар үгіледі, бұл өрістердің жоғары кескіш қасиеттерін және кесудің шағын күштерін қамтамасыз етеді. Оан керамикалық байланыстағы өрістер және ажарлаушы қабықшалар жасалады.

Қосындыланған корундтардан өрістер жоғары қаттылығымен қыздырылған болатты өңдеу үшін қолдану ұсынылады, бұл ретте ақ электрокорундпен салыстырғанда өнімділіктің 1,5 — 2 есе артуын қамтамасыз етеді.

Сферокорундтан жасалған құрал түрлі байланыстарда жұмсақ және жабысқақ материалдарды өңдеу үшін қолданылады: тері, резеңке, пластмассалар, түсті металдар. Ажарлау процесінде өрістер өткір кескіш жиектерін суыра отырып, бұзылады. Бұл жоғары өнімділік кезінде шағын жылу бөлгішті қамтамасыз етеді.

Кремний карбиді. Химиялық таза SiСкремний карбиді түссіз және мөлдір, қоспаларды қамтуы мен құрамына байланысты техникалық түсі ашық жасыл түстен қара түскен дейін болады. Өнеркәсіп кремний карбидінің екі түрін шығарады: *қара* (ҚҚ) және *жасыл* (ЖК). Соңғысы қоспалардың шағын көлемін қамтиды, біршама үлкен қаттылық пен нәзіктікке ие, оны қатты қорытпалардан, керамикадан жасалған құрал өңдеу, ажарлау өрістерді түзету үшін қолданады; ҚҚ шойынды, түсті металдарды және бейметалл материалдарды өңдеу үшін қолданылады.

Аса қатты материалдар. Алмаз және БТМ негізіндегі АҚМ абразивтік құралды жасау үшін қолдану жоғары абразивтік қабілеттілігімен негізделген (9.3-кестені қараңыз). Оларды қолданылуы өңдеу өнімділігін арттыруға және өңделетін бұйымдардың сапасын жақсартуға мүмкіндік береді, бұл ретте құралдың үлестік жұмсалуды басқа абразивтік материалдармен салыстырғанда едәуір төмен. Аса қатты материалдардан түрлі байланыстағы өрістер, пасталар, микроұнтақтар шығарылады.

Алмазды құрал негізінен жасанды алмаздардан жасалады, алайда анағұрлым арзан сұрыптамалардың табиғи алмаздары да қолданылуы мүмкін.

Абразивтік өрістер алмаз және БТМ негізінде тез кескіш болаттан және қатты ерітіндіден жасалған кескіш құралды қайрау және жетілдіру үшін кеңінен қолданылады. Бұл ретте қайралатын беттің кедір-бұдырлығы басқа абразивтік материалдарды қолдану кезінде аз, ал абразивтік өрістердің төзімділігі жоғары.

АҚМ негізінде абразивтік құралды қолдану түрлі химиялық қасиеттердің болуымен айтылғандай анықталады: темір негізіндегі қорытпаларға БТМ бейтараптылығы және осы көміртек материалдарында елеулі ерігіштігі. БТМ негізіндегі аса қатты материалдар қара металдардан жасалған бұйымдарды өңдеу үшін қолданылады. Түсті металдардың қатты қорытпаларын өңдеу үшін аса жоғары қаттылыққа ие алмазды құрал қолданылады.

Ажарлау өрістерінің байланысы. Ажарлау өрістерін пайдалану үшін *органикалық, керамикалық және металдық байланыстар* қолданылады. Органикалық және керамикалық байланыстар абразивтік өрістер және АҚМ негізіндегі өрістер үшін; металдық — АҚМ негізіндегі өрістер ғана үшін қолданылады. Байлам бастапқы күйінде ұнтақ ретінде болады. Бұл абразивпен араластыру кезінде құралдың көлемі бойынша құрамдауыштардың біркелкі орналастыруды қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, ал тұтас дайындамаларға термиялық өңдеумен қол жеткізіледі.

Органикалық байлам. Бакелитті байламның негізі *бакелит* — термоактивті фенолформальдегидті шайыр болып табылады, қатайтқыш ретінде *уротропин*, толтырғыш ретінде — *алебастр* қолданылады. Қоспаны дайындаудан және формалаудан кейін термиялық өңдеу жүргізіледі. 50...100°C дейін қыздыру шайырды жұмсартады және абразивті байланыстырады, температура 180.200 °C көтерілгенде бұйымға түпкілікті қасиетті беретін қатаю (бакелизация) жүреді.

Өрістің жұмысы процесінде бөлшектер толтырғышпен боялады, бұл ретте құрылатын тесіктер ажарлау өнімдерін кесу аймағынан алып тастауды жеңілдетеді. Бұл өрістердің жұмысқа қабілеттілігін арттырады. Бакелит негізіндегі өрістер жақсы өздігінен қайраумен, беріктік пен серпімділікке ие. Ол қаралтым және таза ажарлауда да қолданылады. Бакелит негізіндегі жабдыкталған өрістер 60 м/с дейін жоғары жылдамдықпен ажарлауды орындауға мүмкіндік береді.

Вулканит байланымының негізі *синтетикалық каучук* болып табылады, оның құрамына беріктікті арттыру үшін *толтырғыштар* (күйе, мырыш тотығы) және каучукты ұнтақты құрамдауыштармен араластыруды жеңілдету үшін *жұмсартқыштар* (стеарин) кіреді. Түпкілікті қасиеттерге вулканизация процесінде қол жеткізіледі (12.1.3-кіші бөлімін қараңыз). Күкіртін көлеміне байланысты байламның түрлі қасиеттерін алынады. Оның 15 % дейін қамту барысында байлам жоғары иілгішті болады, алайда беріктігі төмен. Күкіртті 20.60 % қамту барысында қатты және берік материал — *эбонит* алынады. Осылайша, вулканит негізінде өрістер иілгіш немесе қатты бола алады.

Қатты вулканит байламы бакелит байланымына қарағанда беріктігі жоғары, сондықтан ол жұқа өрістерді дайындау үшін қолданылады.

Керамикалық байлам органикалық байламға қарағанда аса жоғары беріктікке, қаттылыққа және химиялық төзімділікке ие. Оның құрамына *отқа төзімді саз, тальк, дала шпаты, шыны* кіреді. Керамикалық байламдағы құрал абразивті қатты құрамдауыштармен *балқыту* (балқығыш байламдар, мысалы К5 маркасы — 30% саз және 35 %-дан шпат және борлы шыны) немесе *пісіру* (пісіргіш байлам, К маркасы — 30 % саз және 70 % дала шпаты) нәтижесінде алынады.

Балқығыш байламдар электрокорундтан құралды жасау үшін қолданылады. Кремний карбиді сұйық фазамен өзара әрекеттесу барысында ыдырайды, сондықтан балқығыш байламды қолдануға болмайды.

Керамикалық байламдағы құралда пішімді сақтайды және жылу бөледі, алайда керамика тән жоғарылатылған нәзіктікке байланысты екпінді жүктемелер кезінде нашар жұмыс істейді.

Металдық байламдар АҚМ негізіндегі өрістерді дайындау үшін ғана қолданылады. Алмазды өрістерінің байламын *пісіру* алмаздың жанып кетуін енемес графиттендірілуін шақырмайтын

температураларда ғана жүзеге асырылады. *Қалайы қоладан және қышқылдар мен силикаттардың* дисперсиялық ұнтақтарынан тұратын байламдар кеңінен қолданылады.

БТМ аса жоғары жылуға төзімділігі темір, кобальт, қатты корытпалар негізіндегі байламдарды қолдануға мүмкіндік береді. Абразивтің дәні металдық байламда керамикалық, әсіресе органикалық байламдарға қарағанда берік болады, бұл АҚМ қабатының жоғары тозуға төзімділігін анықтайды.

АҚМ негізіндегі абразивтік өрістердің принципшіл конструктивті ерекшелігі корпустың бары болып табылады (шағын габариттердегі өрістерді қоспағанда), оларға пісіруден кейін АҚМ қабаты қосылады. Корпус материалының жоғары жылу өткізгіштігі болуы тиіс, сондықтан металдық корпустар анағұрлым таралған. Органикалық байламдағы құралдың корпусы АКбальюминий қорытпасынан, металдық байламдағы құрал — болаттан жасалады. Кескіш құрал мен қабаттың қосылуы желімдеумен, тығыздаумен, дәнекерлеумен жүзеге асырылады.

Абразивтік пасталар. Абразивтерді қоспағанда, пасталар майлауыш қасиеттеріне ие *байланыстырғаш заттарды* қамтиды. Олар абразивтік дәндерді ысқылағыштың бетінде ұстайды және ысқылағыш бетінің және бұйымның тікелей байланысына кедергі жасайды *майлауыш қабықшаны* құрайды. Байланыстырғыш заттарға майлар (жануарлар және өсімдік), парафин, балауыз жатады. Байланыстырғыш заттың құрамында өңдеудің аса жоғары өнімділігін қамтамасыз ету үшін беттік-белсенді заттар болып табылатын қышқылдар (олеин, стеарин) енгізіледі.

Пасталар жеткізгіш және өңдеуіш деп бөлінеді. *Жеткізгіш* пасталар кескіш құралдарды жеткізу, конустарды сылау үшін арналған; олар анағұрлым қатты абразивтердің ұнтақтарын қамтиды: алюминий оксиді Al_2O_3 , кремний карбиді SiC , АҚМ. АҚМ негізіндегі пасталарды қолдану өнімділікті 2 — 3 есе арттырады, ал өңделетін беттің кедір-бұдырлығын 2 — 3 класқа төмендетеді. Ұнтақтардың ірілілігі бойынша пасталар абразив дәнінің 20...100 мкм өлшемімен ірі, орташа — 5...14 мкм және жұқа — 1.3 мкм деп бөлінеді. Өңдеуіш пасталар біршама аз қатты материалдардың ұсақ дисперсиялық ұнтағын қамтиды (1 мкм): темір, хром оксидтері.

9.2.6. Конструкциялық материалдардың кесумен өңделуі. Құрал-жабдықты материалдарды таңдау

Жалпы мәліметтер. *Кесумен өңдеу* — машиналар мен құрылғылар бұйымдарының басым бөлігін дайындаудың негізгі тәсілі, ол *ұстаралық және абразивтік* құралмен орындалады. Бұйымды дайындаудың *типтік технологиялық маршруты* келесідей:

- дайындаманы алу (прокаттың кескіндісі, шынжалғы алу және т.б.);
- механикалық өңдеу;
- термиялық өңдеу;
- беттің түпкілікті өлшемдерін және қажетті сапасын алу үшін абразивтік құралдың соңғы өңделуі.

Анағұрлым таралған конструкциялық материал болат болып табылады. Осылайша, бұйымдарды дайындау барысында кесумен өңдеудің үлгілік үлесі келесі материалдардан тұрады:

- көміртекті және төмен қоспаланған болат — 70 %;
- жоғары қоспаланған болат — 8 %;
- шойындар — 14 %;
- түсті металдар — 4 %;
- өзге материалдар — 4 %.

Конструкциялық материалдардың ұстаралы құралмен өңделуі. v_{60H} K_v критерийлері бойынша *болаттың өңделуі* (3.5-кіші бөлімін қараңыз) көбінесе олардың *қаттылығы мен беріктігін* айқындайды. Осы қасиеттер жоғары болған сайын, олардың өңдеу өнімділігі төмен. Алайда, өнімділіктің өте төмен қаттылығы кезінде төмендейді, себебі болаттың иілгіштігі жоғары. Өңдеу кезінде ол кескіш құралған жабысады, өскін пайда болады, бұл құрал төзімділігінің жоғалуына және өңделген беттің сапасының төмендеуіне әкеледі.

Кесумен өңдеу *болаттың құрамына* байланысты. Көміртектің қамтылуына ұлғайту өнімділіктің төмендеуіне әкеледі, қосындылауға ұқсас әсер етеді, себебі қоспалаушы элементтер ферриттің қаттылығын арттырады. Осы арту марганецпен, кремниймен, никельмен қосындылау кезінде анағұрлым көрінеді, молибденмен, вольфраммен, хроммен қосындылау кезінде нашарлау (9.4-кесте).

Өңделген беттің кедір-бұдырлығы ең бастысы қаттылыққа байланысты — ең жоғары қаттылық аз кедір-бұдырлықты, яғни беттің үздік сапасын қамтамасыз етеді.

9.4-кесте

Болатты кесумен өңдеуге қосындылауға әсер етуі

Болат түрі	Қаттылығы HB	Өнімділік критерийі K_v	
		Тез кескіш болат	Қатты қорытпа
Көміртекті	137...241	0,8.2,0	0,9.1,7
Хромды (1,5 % Cr дейін)	137...265	0,7.1,6	0,9.1,4
Марганецті (2 % Mn дейін)	137.269	0,5.1,3	0,75.1,25

Шойындардың өңделуі. Графитпен шойындар болатқа қарағанда едәуір жақсырақ өңделеді. Шойындардың құрылымындағы графиттің болуы *жоңқалардың ұсақтау* үшін жақсы шарттарды құрайды. Сұр

шойындарды өңдеу барысында жарықшақ жоңқалары (үгілмелі), жоғары беріктікті — иірмелі жоңқалар құрылады, алайда болаттан ерекшелігі ол жоғары нәзіктікке ие болады. Бұдан басқа, шойындардың механикалық қасиеттері болаттарға қарағанда төмен және олар құрал-жабдықты материалмен аз белдесуге ие.

Болаттардың да, шойындардың да өңделуі бірдей факторлармен анықталады. Шойындардың құрылымында цементит санын ұлғайту және қаттылықты арттыру болаттар үшін сияқты өңдеу өнімділігінің төмендеуіне әкеледі. Осылайша, шойын қаттылығын 150-ден 220 НВ дейін ұлғайту кезінде кесу жылдамдығын шамамен 2есе төмендету қажет.

Шойындардың өңделуі күйма қабырғышын өңдеу кезінде күрт төмендейді, себебі онда формалық қоспалардың, оксидтердің қалдықтары бар. Ерекше қиындықты жоғары қаттылығына байланысты (45... 55 HRC)ақ (ағартылған) шойындар өңдеу туғызады — бұл қиын өңделетін материалдар.

Жоғары өңделетін материалдар. Оларды өңдеу кезінде жоғары өнімділік, құралдың төзімділігі, өңделетін беттің шағын кедір-бұдырлығы және жоңқаны бұру жеңілдігі қамтамасыз етіледі.

A12, A40Г, АЦ40Х *автоматты болаттар* (6.5-кіші бөлімін қараңыз)V₆₀өнімділік критерийі бойынша сол құрамдағы, бірақ қарапайым өндірістегі болаттан 2 — 5 есе асып түседі.

Түсті қорытпалар. Жоғары өнімділікке мыс негізіндегі қорытпалар ие: жез және қола. Кесу жылдамдығы оларды өңдеу барысында болаттарды өңдеуге қарағанда 2 — 3 есе жоғары, бұдан басқа өңделетін беттің жоғары сапасы қамтамасыз етіледі. Автоматты жезді атап өткен жөн, оның құрамына болаттарда да ішкі майлауыш рөлін ойнайтын қорғасын (ЛС59-1) кіреді.

Алюминий негізіндегі қорытпаларда жоғары емес механикалық қасиеттері болады, оларды өңдеу жоғары жылдамдықпен жүргізіледі. Осы қорытпаларды өңдеу кезіндегі қиындылық — өңделетін материалдың кескіш құралға жабысуы. Осыны жабындыларымен құралды пайдалана отырып, алдын алуға болады.

Жоғарылатылған өнімділік құрылымда цементиттің болмауы немесе оны көлемі аз болғанда сұр шойындар үшін тән.

Қиын өңделетін материалдар. Оларға жатады:

- *коррозияға төзімді және ыстыққа төзімді болаттар және қорытпалар (мысалы, X18H10Т болаты);*

- *титан қорытпалары;*

- *жоғары берікті болаттар және қорытпалар;*

- *жоғары беріктікпен материалдар (35.40 HRC жоғары);*

Құрал-жабдықты материалдардың сипаттамасы

Құрал-жабдықты материал	Жылуға төзімділік, °С	Кесу жылдамдығы, м/мин
Көміртекті және қосындыланған болат	200.250	10.15
Тез кескіш болат	600.650	40.50
Қатты қорытпалар	900.1000	До 250
Кескіш керамика және АҚМ	1100.1200	400.700

Ескерту. Кесу жылдамдығы қара металға жатады.

• қиын балқитын металдар (вольфрам, молибден, ниобий) және олардың негізіндегі қорытпалар.

Оларды өңдеу барысында кесу аймағында жоғары температура туындайды, бұл құралдың тозуын жеделдетеді; кесудің үлкен күшін салу құралдың сынуын тудырады. Сонымен қатар, диффузиялық тозу мүмкін, онда құрал-жабдықты материалдың көміртегі өңделетінге айналады, құралдың қаттылығы төмендейді, ал өңделетін материалдың қаттылығы өседі.

Құрал-жабдықты материалды таңдау. Ол бірқатар факторлармен айқындалады: құрал-жабдықты және өңделетін материалдың қасиеттері, өңдеу шарттары (мысалы, қажетті өнімділігі), кескіш құралдың конструкциясы және басқалары.

Құрал-жабдықты және тез кескіш болат. Осы болаттар қалған құрал-жабдықты материалдармен салыстырғанда анағұрлым төмен жылуға төзімділікке иісілі (9.5-кесте).

Бұл өңдеу өнімділігін оларды пайдалану барысында шектелген. Көміртекті және қосындыланған болат үшін кесудің шекті жылдамдығы 10...15 м/мин құрайды, ал тез кескіш болат үшін 40.50 м/мин аспайды. Осыған қарамастан, тез кескіш болат анағұрлым құрал-жабдықты материал болып табылады. Осындай кеңінен қолдану осы болаттардың басқа құрал-жабдықты материалдардан маңызды технологиялық ерекшелігімен, атап айтқанда *термиялық өңдеу есебінен олардың қасиеттерін өзгерту мүмкіндігімен* айқындалады.

Осалданатын өңдеуден (күйдіруден) кейін болаттың қаттылығы шағын, оларды ұстаралы құралдың көмегімен кесумен өңдеуге болады және осылайша, күрделі пішінді — қалыпқа келтірілген (бұрамдық жонғыштар, тартылыстар және т.б.) құрал алуға болады.

Дәл осы құрал-жабдықты болаттың қолданылуын — *күрделі пішіндегі құрал* үшін анықталады.

Көміртекті және қосындыланған құрал-жабдықты болаттың қолданылуы шектелген, өнеркәсіпте кеңінен қолданысын тез кескіш болаттан жасалған құралдар тапты.

Өңделетін материалдарға байланысты келесідей тез кескіш болаттан қолданған ұтымды:

- өнімділігі қалыпты болат (P6M5) — өнімділігі жоғарылатылған материалдарды өңдеу үшін, мысалы автоматты болат және жез ($K_v > 1$). Төзімділікті арттыру үшін жабындылар қолданылуы мүмкін;

- өнімділігі қалыпты (P6M5) және TiN титан нитридінен тозуға төзімді жабындылармен P6M5 болат — 260 HB дейін қаттылықпен материалдарды — күйдірілген күйіндегі болат, шойынды өңдеу үшін ($K_v = 0,7 \dots 1,0$);

- өнімділігі жоғары (10P6M5, P12F3) немесе TiN титан нитридінен жабындысымен P6M5 болат — аса жоғары қаттылықпен — 260.280 HB жоғары ($K_v = 0,3 \dots 0,7$) материалдарды өңдеу үшін, мысалы, көміртектің шамамен 0,4 %, жоғары қосындыланған болатты қамтитын жақсартылған көміртекті және төмен қосындыланған болат;

- кобальт болаты немесе TiN титан нитридінен жабындысымен құрал — қиын өңделетін материалдар үшін ($K = 0,05.0,3$).

Өңдеудің аса жоғары өнімділігі және құралдың төзімділігін қамтамасыз ететін құрал-жабдықты материалдардың қолданылуы мүмкін болатын жағдайларда болатты емес, осыларды қолдану атап өткен жөн.

Болаттан өзгеше, қатты ерітінділер, кескіш керамика және АҚМ ұстаралы құрамен өңдеуге жатпайды, сондықтан олардан күрделі пішіндегі бұйымдарды жасау мүмкін емес немесе өте қымбат. Оларды қолданудың негізгі облысы — тік сызықты кескіш жиекпен қарапайым пішіндегі құрал (кескіге, жонғышқа кескіш ендіріме).

Қатты қорытпаларды қолдану. Қатты ерітіндінің аса жоғары механикалық қасиеттері керамикамен және АҚМ салыстырғанда оны анағұрлым әмбебап құрал-жабдықты материал қылып жасайды. Қиын балқитын құрал қарапайым өнімділікпен және қиын өңделетін материалдарды өңдеу үшін қолданылады: қаралтым, жартылай таза және таза режимдері. Металл өңдеу өнеркәсібінде қиын балқитын құралдың үлесіне алынатын жоңқаның негізгі көлемі келеді.

Қатты қорытпалардың қолданылуы регламенттелген. Өңделетін материалға байланысты қатты қорытпалар ISO(Халықаралық стандарттар ұйымы) сыныптамасы бойынша үш топқа бөлінеді:

- Р тобының қорытпалары — иірімелі жоңқасымен материалдарды өңдеу үшін арналған (болаттар, жоғары берікті шойындар);

- К тобының қорытпалары — жарықшақ жоңқасымен материалдар үшін (негізінен шойындар);

- М тобының қорытпалары — негізінен қиын өңделетін материалдар үшін (иірімелі және жарықшақ жоңқалары).

Отандық қатты қорытпалардың ISO сыныптамасына сәйкес келуі төменде келтірілген:

ISO бойынша топтар	Отандық қорытпалар	ISO бойынша топтар	Отандық қорытпалар
P01	T30K4, TH20	K20.....	TT8K6
P10.....	T15K6, KHT16	K30.....	BK8, BK4
P25.....	TT20K9	K40.....	BK8, BK15
P30.....	T5K10, TT10K8	M05.....	BK6-OM
P40.....	T5K12, TT7K12	M10.....	BK6-M, TT8K6
P50.....	TT7K12	M20.....	TT10K8
K01	BK3, BK3-M	M30.....	BK10-OM, BK8
K10	BK6-M, BK6-OM	M40	TT7K12, BK10-OM

Қорытпалар топтары шегінде механикалық қасиеттері бойынша бөлінеді. Оларға екі мәнді индекс беріледі — 01-ден 50 дейін (мысалы, P01, M10, K40). Индекс аз болған сайын, қорытпаның қаттылығы мен тозуға төзімділігі жоғары, бірақ беріктігі төмен, яғни 01индексімен қорытпалар топтардың шегінде барынша қаттылыққа, ал 50 индексімен қорытпалар — анағұрлым беріктікке тиесілі.

Осылайша, шағын индексмен қорытпалардан жасалған құрал жоғары кесу жылдамдығымен өңдеу жүзеге асырылады, бірақ беріліс пен кесу тереңділігі төмендетілген. Жалпы алғанда, нақты операциялар үшін егжей-тегжейін ашпай, қорытпалардың үлгілі мәнін көрсетуге болады: 01 — 10индексмен — таза өңдеу; 05 — 20 — жартылай таза өңдеу; 30 — 40 — қаралтым өңдеу; 40 — 50 — аса күрделі шарттарды кесу (құйма қабыршығы бойынша, екпіндермен және дірілдермен).

Кескіш керамика. Қатты қорытпалар сияқты, керамика ең әр түрлі материалдарды, атап айтқанда жоғары және төмен қаттылығымен болаттар мен шойындарды өңдеу барысында қолданылады. Осылайша, оларды қолданудың жекелеген облыстарының сәйкес келуі байқалады.

Керамиканың *жылу төзімділігінде* артықшылығы қатты қорытпалармен салыстырғанда кесу жылдамдығын елеулі арттыруға мүмкіндік береді. Осылайша, болаттарды және шойындарды қиын балқитын құралмен ұштау кезінде барынша ұсынылатын кесу жылдамдығы 230...250 м/мин құрайды, ал кескіш керамиканы қолданған кезде олар 500.700 м/мин артуы мүмкін.

Алайда, керамика *беріктігі төмен қасиеттеріне* байланысты елеулі күштік жүктемелермен кесу барысында қолданылмайды. Қиын балқитын құрал үшін кесудің барынша шекті тереңдігі 8және12 мм құрайды, бұл уақытта керамика үшін болат пен шойынды өңдеу барысында тиісінше 2,5 және 4 мм аспайды. Керамика қатты

қорытпаларға қарағанда, ерекше күрделі шарттарда кесу үшін, мысалы

Кескіш керамиканы қолдану бойынша ұсынымдар

Өңделетін материал	Қаттылығы	Өңдеу үшін керамика	
		жартылай таза	таза
Шойын: сұр	143 ...289 НВ	ВО-13, ВШ, ЦМ-332	ВО-13, ВШ, ЦМ-332
қақталатын	163 ...269 НВ	ВШ, В-3, ВО-13, силинит	ВШ, В-3, ВО-13, силинит
ағартылған	400.650 НВ	ВОК-60, кортинит, В-3	ВОК-60, кортинит, В-3
Болат:			
көміртекті күйдірілген	160.229 НВ	ВО-13, ВШ, ЦМ-332	ВО-13, ВШ, ЦМ-332
қосындыланған	179.229 НВ	ВО-13, ВШ, ЦМ-332	ВО-13, ВШ, ЦМ-332
күйдірілген	229.380 НВ	ВО-13, ВШ, ВОК-60, В-3	ВО-13, ВШ, ВОК-60, силинит-Р
жақсартылған	36.48 HRC	ВОК-60, В-3, кортинит	ВОК-60, В-3, кортинит
цементациядан және шыңдаудан кейін	48.57 HRC	ВОК-60, В-3, кортинит	ВОК-60, кортинит
	57.64 HRC	ВОК-60, В-3, В-71, кортинит	ВОК-60, В-3, В-71, кортинит
Мыс қорытпалары	60.120 НВ	В-3, кортинит	В-3, кортинит
Никель негізіндегі қорытпалар		ВОК-60, В-3, В-71, кортинит	ВОК-60, В-3, В-71, кортинит

құйма қабыршығы бойынша жұмыс барысында қолданылмайды. Осылайша, керамиканы қолданудың негізгі облысы — таза және жартылай таза өңдеу (9.6-кесте).

Аса қатты материалдардың қолданылуы. АҚМ өзге құрал-жабдықты материалдардан негізгі ерекшеліктері болып табылады:

- қаттылығы ең жоғары — құрал-жабдықты материалдарға қарағанда, 5—10 есе үлкен;
- ең жоғары серпімділік модулі;
- сызықтық кеңеюдің ең төмен коэффициенті;
- анағұрлым жылу өткізгіштігі;
- шағын берік сипаттамалары.

Осы ерекшеліктер АҚМ қолданудың негізгі облыстарын айқындайды. *Жоғары қаттылық* өте қатты материалдардың ұстаралы өңдеуді орындау мүмкіндігін береді: тез кескіш болаттан шыңдалған қатты қорытпалар және т.б.

АҚМ қолдану оларды анағұрлым өнімділікті ұстаралы өңдеуге ауыстырып (ұштау, қашау, фрезерлеу), ажарлау операциясын жоюға мүмкіндік береді. *Жоғары серпімділік модулі* кесу процесінде құралдың шағын сығуларын және осының нәтижесінде жоғары өңдеу нақтылығын (1класқа дейін) және беттің шағын кедір-бұдырлығын қамтамасыз етеді.

АҚМ *беріктігі төмен сипаттамалары* үлкен берілістермен және кесу тереңділігімен өңдеуді жүргізуге мүмкіндік бермейді. Осылайша, БТМ негізіндегі АҚМ үшін кесу тереңділігі 150 НВ қаттылығымен сұр ұйынды кесу және 60 HRC жоғары қаттылықпен шыңдалған болатты өңдеу барысында 3 мм шектеледі. Үлкен беріктікке үлкен индексмен композиттен тиесілі (ISO бойынша қатты қорытпалардың сыныптамасына ұқсас). Жұқа ұштау үшін 01, 02, маркалы, таза — 01, 02, 05, жартылай таза үшін — 05, 10 маркалы композиттер қолданылады.

Алмаз негізіндегі АҚМ қолдану барысында кесу тереңділігі пластмассаларды өңдеу барысында 2,5 мм дейін және қатты материалдарды өңдеу барысында 0,5 мм дейін құрайды. Үлкен беріктік синтетикалық емес, табиғи алмаздарға тиесілі.

АҚМ құралды қолдану жаңа технологиялық мүмкіндіктерді ашады. Осылайша, технологиялық емес аса жұқа қабырғалы бұйымдарды өңдеу мүмкіндігі туындайды (мысалы, 0,2 мм қабырға енімен бұйымдарды ұштау).

Алмаз және БТМ негізіндегі аса қатты материалдар өзара байланысты емес, оларда ұтымды пайдаланудың өзінің жеке облыстары болады. Алмаз негізіндегі материалдар түсті металдар және қорытпалар өңдеу үшін қолданылады (атап айтқанда, қатты қорытпалар). Оларды алмаздың жоғары температураларда темір негізінде қорытпаларға айналу салдарынан болат пен шойынды өңдеу

үшін пайдалану ұтымды емес. БТН осы материалдарға икемділігі осы құралдың болат пен шойынды өңдеу үшін қолданысын айқындайды. Таблица 9.8

Композиттерді (БТН негізіндегі АҚМ) және кескіш керамиканы қолдану облыстарының біршама сәйкес келуін атап өткен жөн — бұл болат және шойын бұйымдарды ажарлаудың орынан ұстаралы өңдеуді қолдану.

Қаттылығы жоғары шыңдалған болатты өңдеу үшін (60 HRC жоғары) композиттердің қолданылуы анағұрлым ұтымды. 01 композитінде кесу жылдамдығының бар диапазонында кескіш керамикаға қарағанда төзімділігі жоғары. Керісінше, қаттылығы және беріктігі төмен материалдарды, мысалы, шыңдалмаған болатты, шойындарды таза өңдеу үшін АҚМ емес, керамиканы қолдану қажет. Бұл ретте аса жоғары өнімділікке қол жеткізіледі — кесу жылдамдығы кемінде 250...300 м/мин, барлық маркалардың композиттері іс жүзінде жұмысқа қабілетті емес.

Абразивтік құралды қолдану. Абразивтік құралды өңдеу машина жасауда ең бастысы өңделетін бұйымдар және құралдар бетінің қажетті нақтылығы мен сапасын қамтамасыз ете отырып, соңғы ретінде қолданылады. Сыдырлау жұмыстары үшін ол металлургия өнеркәсібінде кеңінен қолданылады.

Абразивтік материал таңдау бірінші кезекте өңделетін материалдың қаттылығымен айкындалады. Әрине, ол қатты болған сайын, үлкен абразивтік қабілеттілігі құрал-жабдықты абразивтік материал иеленеді (9.7-кесте). Бұл ретте абразивтің қаттылығын абразивтік өрістің қаттылығымен шаттастыруға болмайды. Соңғысы дәндердің боялануына байламның қарсы болуымен бағаланады. Бұл ретте жұмсақ өрістер қатты материалдарды өңдеу үшін және керісінше қолданылады.

Абразивтік өрістердің *байламын таңдау* ажарлау шарттарына байланысты, оларды қолдану бойынша ұсынымдар келесідей:

- *бакелитті байламдар* сыдырлау және қаралтым жұмыстары үшін, сондай-ақ таза ажарлау барысында қолданылады. Бакелитті негіздегі жабдықталған өрістер жоғары жылдамдықпен — 60 м/с дейін ажарлауды орындауға мүмкіндік береді;

- *қатты вулканисті байлам* бакелитті байламға қарағанда аса беріктікке ие, сондықтан ол жұқа өрістерді дайындау үшін қолданылады. Таза өңдеу үшін бакелитті байламға қарағанда анағұрлым икемділікке ие байламмен өрістер қолданылады.

Абразивтерді қолдану бойынша ұсынымдар

Өңделетін материал	Абразивтік материал	Өңделетін материал	Абразивтік материал
Қатты қорытпалар; ажарлауыш өрістер (түзету)	Алмаз	Шындалған конструкциялық болат	Электрокорунд (ақ, хромды, титанды)
Қаттылығы жоғары шындалған болат (құрал-жабдықты)	БТН	Болатты күйдірілген дайындамалар (сыдырлау)	Электрокорунд қалыпты
Қиын өңделетін болат және қорытпалар	Монокорунд	Шойын, түсті металдар	Кремний карбиді

Осы жағдайда кесу күші артқан сайын байламның түрленуі жүреді, бұл ретте дән баялмайды, сығылып шығарылады, байламда «батады». Бұл өңделетін бетке тегістеу ықпалын көрсетеді;

- *керамикалық байламдағы құралдар* пішінді жақсы сақтайды және жылуды жібереді (бұранды ажарлау), алайда керамикаға тән нәзіктіліктің жоғары болуына байланысты екпінді жүктемелер барысында нашар жұмыс істейді;

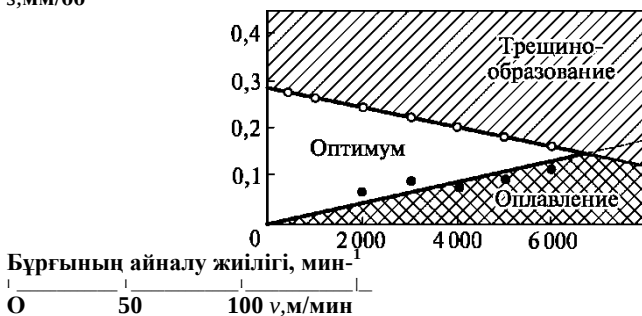
- *металдық байламдағы құрал* жоғары абразивтік қабілеттілігіне ие материалдарды, сондай-ақ кескіш дәндерге жоғарылатылған жүктеме түскен кезде беріктігі жоғары материалдарды өңдеу үшін қолданылады.

Өңделген беттің кедір-бұдырлығы материалдың қаттылығына байланысты. Болатты өңдеу кезінде микрокедір-бұдырлықтың шағын биіктігі қаттылығы 63... 65 HRC кезінде қолға жеткізіледі.

Ажарлау және ұштау операциялары көбінесе құрал-жабдықты және тез кескіш болаттан жасалған құралдың төзімділігін айқындайды. Ұштау режимдерін бұзылған жағдайда күйдіру туындайды (визуалды — қара көк немесе қара түсті аймақтардың пайда болуы). Бұл құралдың төзімділігін төмендетуі мүмкін. Күйіктердің құрылу мүмкіндіктері АҚМ өрістерді пайдалану барысында күрт төмендейді.

Пластмассаларды кесумен өңдеудің ерекшеліктері. Пластмассалардан бұйымдарды жасау барысында анағұрлым таралған пішін құраушы операциялар — бұл *қысыммен құю, қысу*. Алайда, нақты өлшемдерді алу, диаметрлері шағын, жұқа саңылаулармен тесіктерді орындау қажеттілігі кезінде *кесумен өңдеу* жүргізіледі.

Пластмассалардың төмен механикалық қасиеттері жоғары жылдамдықпен өңдеуді жүргізуге мүмкіндік береді.



Бұрғының айналу жиілігі, мин⁻¹

0 50 100 $v, \text{м/мин}$

9.4-сурет. Бұрғылау режимдерінің полиметилакрилат бетінің сапасына әсер етуі

Кесу режимдерін тағайындау кезінде шектейтін құралдың тозуы емес, өңделетін материалдың — пластикалық массалардың қасиеттері болып табылады. Қыздыру барысында термопласттардың еруі, түсті өзгертуі болады. Реактопластарды өңдеу кезінде беттің күйіктері (жергілікті деструкция жүреді) немесе нақыстар туындау мүмкін. Осылайша, кесу режимдері өңделген беттің қанағаттандырылған сапасын алу қажеттілігін сүйене отырып, кесу режимі таңдап алынады (9.4-сурет). Бұл ретте кесу жылдамдығы микрокедір-бұдырлық биіктігінің төмендеуіне, ал берілістің ұлғаюы қарама-қарсы әсерге әкеледі.

9.3. Штампты құралған арналған материалдар

9.3.1. Штампты болат

Штампты болат дайындама материалын пластикалық түрлендіру (түсіру) немесе бұзылуы (кесу алу) есебінен пішін құраушы операцияларды қамтамасыз ететін құралдарды жасау үшін арналған. Осы операциялар өңделетін дайындамаларды қыздырмай (суық өңдеу немесе қыздырумен (ыстық өңдеу) жүзеге асырылады. Осыған сәйкес штампты болаттар екі топқа бөлінеді: *суық және ыстық* түрлендіру штамптарын дайындау үшін. Штамптарды пайдалану шарттары сан алуан, бұл оларды жасау үшін қолданылатын материалдар кең диапозонын айқындайды.

Суық түрлендіру штамптарын жасау үшін болат пластикалық түрленуге жоғары қарсылыққа, тозуға төзімділікке (ірі сериялы және жаппай өндіріс шарттарында), қажетті беріктік пен жабысқақтыққа ие болуы тиіс. Белгілі бір операцияларда құрал қызыдыралы, сондықтан штампты құралды дайындау үшін суық өңдеу үшін түрлі жылуға төзімділігімен болат қолданылады:

Болат түрі	Шекті пайдалану температурасы, °C
Жылуға төзімді емес....	180...200 дейін
Жылуға жартылай төзімді	300 (500.520) дейін
Жылуға төзімді....	520.560 дейін

Бірінші топқа жылуға төзімді емес эвтектикадан кейінгі көміртекті және қосындыланған құрал-жабдықты болат жатады — У10, У12, 11ХФ және басқалары. Бұл болат жоғары шыңдауға жатпайды, оларды қарапайым пішіндегі және кішігірім өлшемдегі құралды дайындау үшін қолданылады. Құрал 30.50 °C $A_{с1}$ асып түсетін температурада шыңдауға және 58...60 HRC қаттылықты алу үшін 250..270 °C кезінде жұмсартуға ұшырайды. Кескіш құралмен салыстырғанда осындай төмендетілген қаттылық болаттардың аса жоғары екпінді жабысқақтығын алуға мүмкіндік береді. Бұл осы болаттан жасалған құралды жұмсақ материалдарды суықтай түсіру, жұқа табакты материалды кесіп алу операциялары, яғни төмен қысыммен жұмыстарды жасау үшін қолдануға мүмкіндік береді. Болатты қыздыру режимдері бұдан бұрын қарастырылды (9.2.1-кіші бөлімін қараңыз).

Екінші топқа қосындыланған жоғарылатылған хромды қамтыған болат жатады — 5.12 %, олар *жартылай жылуға төзімді* деп аталады. Өнеркәсіпте кеңінен қолдану 12 % Cr болат алды — Х12Ф1 және Х12М. Қосындылаудың осы деңгейінде болат жоғары шыңдалады (майда қыздыру кезінде 200 мм дейін). Осы болат бастапқы сондай-ақ екінші қаттылыққа шыңдауға ұшырайды.

Бастапқы қаттылыққа шыңдау майда немесе селитрада салқындатумен 1050.1070 °C орындалады. 150.180 °C кезінде келесі төмен жұмсарту 62.64 HRC жоғары қаттылықты қамтамасыз етеді. Осы болатты одан да жоғары температурада пайдалануға болады. Жұмсарту температурасын 300 °C дейін көтерген кезде қаттылық төмендейді, алайла жеткілікті жоғары болып қалады: Х12М болатта 58.60 HRC және Х12Ф1 болатта 57.59 HRC.

Екінші қаттылыққа шыңдау аса жоғары температурада орындалады (1150.1170 °C); салқындату — майда немесе селитрада. Қалдық аустениттің көлемі күрт көтеріледі және 35.45 % жетеді, осыған байланысты қаттылық шыңдаудан кейін төмен — шамамен 50 HRC. Болаттың түпкілікті қасиеті 520.540 °C температурада бірнеше мәрте (2 — 4 рет) жұмсарту нәтижесінде алынады. Бұл ретте дисперсиялық қатау, қалдық аустениттің мартенситке айналуы және қаттылықтың 60.63 HRC дейін артуы жүреді.

12 % Cr болат карбидті фазасының үлкен көлеміне және жоғары қаттылығына байланысты жоғары тозуға төзімділігіне ие. Оларды бөлгіш түсірілетін және кесіп алынатын штамптарды, сондай-ақ жоғары жылдамдықпен жұмыс істейтін тартылмалы штамптарды жасау

үшін қолданылады. Осы болатты шындау бастапқы қаттылықта жүзеге асырылады. Екінші қаттылықты алу үшін шындау температурасын көтеру екпінді жабысқақты күрт төмендетеді. Осындай өңдеу абразивтік ықпалға ие ұнтақтарды қысудың пресс-пішіндері үшін ұсынуға болады.

Жоғары хромды болаттың негізгі жетіспеушілігі үлкен карбидтік әркелкілік болып табылады. Бұл беріктіктің әсересе үлкен қиылыстарда (50 мм жоғары) төмендеуіне әкеледі.

Осы жетіспеушіліктер шамалық дәрежеде карбидтік әркелкілігі төмен хромды аз қамтитын — 5.6% болатта алынып тасталды. Сондықтан қаттылықтың жақын мәндері кезінде болат үлкен қаттылыққа ие болады. Х6ВФ болаты жеткілікті кеңінен қолданылады, ол 12 % Сг болат сияқты бастапқы қаттылыққа (шындау 950.. 980°C және 56.. 60 HRC қаттылықты алу үшін 180...200°C жұмсарту), екінші қаттылыққа (шындау 1050 °C және жұмсарту 500 °C, алынатын қаттылық 56.58 HRC) шындауға болады. Сонымен бірге, карбидті фазаның аз болуына байланысты Х6ВФ болаты 12 % Сг болатқа тозуға төзімділігі бойынша орын береді және аз шындауға жатады. бжәне 12 % Сг болаттарды қолдану ұқсас. Хромды аз қамтитын болат 12% Сг болатқа қарағанда үлкен екпінді жүктеме барысында қолданылады, алайда аса интенсивті тозады. 5 % Cr9X5ВФ болаты қасиеттері бойынша Х6ВФ болатқа жақын.

5.12% хроммен болатты күйдіру кемінде 2 сағат изотермиялық ұстамдылықпен (ұстамдылық металл шамасына тәуелді) 840.860 °C температурада салқындатылады, одан кейін 30.40 °C/сағ жылдымдықпен пешпен бірге 700.720 °C дейін салқындатады, осы температурада 2.3 сағ ұстайды, 600.650 °C дейін пешпен, одан кейін ауада салқындатады.

Қалыптаудың түрлі операциялары үшін осы қасиеттердің үйлесуі түрлі болуы мүмкін. Суықтай түрлендіру, әдетте, штампты құралды мәнсіз қыздырумен жүреді, тек қысу және тарту операциялары барысында температура 300.400 °C жетеді.

Үшінші топтың болаты — жылуға төзімді — 520.540 °C температураға дейін қыздыру кезінде жоғары қаттылықты сақтайды. Болат шындау кезінде мартенситті айналу есебінен және жоғары температурада жұмсарту кезінде дисперсиялық қатаю есебінен шыңдалады. осылайша, осы болаттардың беріктендіргіш термиялық өңделуі тез кескіштерге ұқсас — шындау және бірнеше мәрте (әдетте, екі мәрте) жұмсарту. Ұқсас термиялық өңдеу жоғары беріктікті сақтаумен қалдық аустениттен құтылуға мүмкіндік береді, осыған алдыңғы топтардың болаттары үшін қол жеткізу мүмкін емес. Осындай құрылым пластикалық түрлендіруге жоғары қарсылығын қамтамасыз етеді — құралдың жұмыс жиектері жоғары қысымның ықпалымен мыжылмайды. Құрылымда қалдық аустениттің болуы мүмкін емес.

Осы топтың болаты тез кескіштер сияқты күшті карбид құраушы элементтерімен қосындыланған: вольфраммен, молибденмен.

Өнеркәсіпте 6Х4М2ФС, 8Х4В2С2МФ болаттары өз қолданысын тапты. Осы болаттарды шындау температурасы жоғары — 1050.1070 °С, 60.62 HRC барынша қаттылықты олар 520.530 °С температурада жұмсартудан кейін алады.

Жоғары қаттылық пен беріктіктің үйлесуі суықтау қалыптаудың анағұрым күрделі операциялары үшін болаттың қолданылуын айқындайды: түсіру, қысу. Осы операциялар барысында жоғары үлестік жүктемелерді (2000... 3 000 МПа дейін) ғана емес, сондай-ақ беттік қабаттарды 300.400 °С дейін қыздыруға да тап болады, бұл құрал-жабдықты материалдың жылуға төзімді болуына алдын ала білдіреді.

Қосындылаудың салыстырмалы төмен деңгейі (тез кескіштерге және жоғары хромдыларға қарағанда төмен) салдарынан карбидтерді бірдей орналасады (шағын карбидтік әркелкілік). Бұл олардың қолданылуын жаймалаушы, әсіресе бұрандық жаймалаушы құрал үшін аса тиімді қылады. Карбидтер жиналған кезде олар бұрандық жаймалаушы құралдың жұқа жиектерінен боялады, сонымен қатар ола жоғары қысымға ұшырайды.

Жылуға төзімді және жоғары хромды болатты қыздыру режимдері іс жүзінде бірдей.

Ыстықтай түрлендіру штамптарына арналған болат алдын ала жылуға төзімді болуы тиіс, себебі құрал өңделетін дайындамамен байланыс жасағанда қыздыралады. Металдарды қыздыру температурасы ыстықтай өңдеу барысында жеткілікті жоғары болады — 1000 °С жоғары. Осылайша, жылуға төзімді емес болат ыстық штампты құралды жасаған кезде қолданылмайды. Құралдың жұмысы барысында динамикалық жүктемелер туындауы мүмкін, сондықтан екпінді жабысқақтың жеткілікті жоғары деңгейі болуы керек. Бұл жоғары екпінді жабысқақтық болаттың жақсы жануға төзімділігін анықтайтындықтан қажет. Жану жарықтары термоциклдық жүктемелердің нәтижесі болып табылады, олардың кезінде кезеңдік кеңею — штампты құралдың беттік қабаттарының қысылуы жүреді.

Ыстықтай түрлендіру штамптары үшін *жартылай жылуға төзімді және жылуға төзімді* болат қолданылады. Осы болаттарда көміртекті қамту суықтай түрлендіру үшін болаттармен салыстырғанда төмендетілген. Бұл олардың аса жоғары екпінді жабысқақтығын қамтамасыз етеді, алайда қаттылық төмендейді. Алайда, оған жол берілмейді, себебі ыстықтай өңдеудің жоғары температураларында өңделетін температуралары барысында төмен қаттылық пен беріктікке ие.

Жартылай жылуға төзімділер ретінде 0,5 % С қамтитын 5ХНМ, 5ХГМ, 5ХНВ, 5ХНТ қосындыланған болат қолданылады. Осы болат бастапқы қаттылықта шыңдалады. Қосындылаудың жоғары деңгейіне байланысты, олар 450.500 °С дейін қыздыру кезінде жеткілікті жоғары қаттылықты (45.50 HRC) сақтайды. Бұл ретте жоғары беріктік (1500.1800 МПа) және екпінді жабысқақтық (3.5 кДж/м²) қамтамасыз

етіледі.

Таблица 9.8

Осы болаттардың негізгі қолданылуы — *балғалы* штамптар үшін. Соғу балталары 400...500°C температураға дейін пайдалану процесінде қыздырылады. Балғалы болат үшін олардың өте жоғары шыңдалуы аса маңызды, себебі балғалар үлкен габаритті болуы мүмкін. Мысалы, 400 x 300 x 300 мм өлшемімен 5XНМ болаттан жасалған блокта қаттылық өзекте бетке қарағанда 1.2 HRC төмен.

5XНМ, 5XНВ және 5XГМ болаттарын шыңдау температурасы — 820.860 °C. Шыңдау температураларына дейін қыздыру термиялық кернеулерді төмендету үшін 600.650 °C дейін жылытумен орындалады. Түрлендірудің немесе күрделі оймыштармен штамптардың жарықтарының алдын алу үшін оларды термиялық өңделуі келесідей орындалады: шыңдау кезінде салқындату 750.780°C температураға дейін ауада мұздатумен жүзеге асырылады, одан кейін штамп майға орналастырылады. Майда ұстау уақыты штамптың бөлмелік температураға дейін толық салқындатуы болмау үшін тағайындалады, себебі ол елеулі кернеулер мен жарықтар тудырады. Ұстаудан кейін суымаған штамптарды жұмсарту үшін пешке апарады. Кейбір кезде штамптар (қарапайым пішіндегі оймыштар) шыңдау кезінде су-ауа қоспасында салқындатады. Штамптың құрылымында шыңдаудан кейін қалдық аустениттің үлкен бөлігі сақталатындықтан, екі рет жұмсарту жиі өткізіледі. Екінші штамптың температурасы 10.20 °C төмен, оның ұзақтығы бастапқыға қарағанда 20.25 % аз.

Балғалы штамптардың артқы ілмектері жұмыс бөлшегіне қарағанда оның қаттылығы төмен, ал жабысқақтығы жоғары болуы үшін аса жоғары температурада (шамамен 100 °C) қосымша жұмсартылады. Жұмсарту металдық плитада немесе арнайы құрылғыларда өткізіледі.

Аса жоғары температурада жұмыс істейтін немесе дайындаманың ыстық өңделетін материалымен ұзақ байланыста тұрған (қысу құралы, көлденең-соғу машиналарына арналған штамптар) құрал үшін *жылуға төзімді болат* қолданылады. Бұл екінші қаттылыққа беріктендірілетін дисперсиялық-қататын болат. Вольфраммен немесе молибденмен және кобальтпен қосындыланған болаттар аса киын шарттарда пайдаланылады. Оларға 3X2В8Ф, 5X3В3МФС, 4X5В2ФС, 4X5В4ФСМ, 4X2В5ФМ, 2X6В8М2К8 болаттары жатады.

4X5МФС, 4X4ВМФС, 4X2В5ФМ болаттары алюминий қорытпаларын өңдеу үшін қолданылады. Мыс қорытпаларын өңдеу үшін жоғары жылуға төзімділікпен анағұрлым қосындыланған болат қолданылады: 5X3В3МФС, 3X2В8. Титан қорытпаларын, тот баспайтын және ыстыққа төзімді болатты түрлендіру барысында штамптар одан да жоғары температураға дейін (750 °C) қыздырылады, сондықтан құрал-жабдықтар ретінде аса жоғары жылуға төзімді кобальтті қамтитын болат қажет, мысалы 2X6В8М2К8.

4X5МФС, 4X4В2МФС, 4X2В5ФМ болаттары 1050.1070 °C температурада шыңдалады. Жұмсарту температурасы қажетті қаттылыққа байланысты тағайындалады: 50 HRC қаттылыққа 560... 590

°C және 45 HRC қаттылыққа 600.610 °C.

3X2B8 болаты 1080.1 100 °C температурадан шыңдалады және 600.610 немесе 640.650 °C және тиісінде 50 және 45 HRC қаттылыққа ұшырайды.

5X3B3MФC болаты 1120. 1150 °C температурадан шыңдауға және 50 немесе 45 HRC қаттылыққа 640.650 немесе 650.670 °C жұмсартуға шалдығады.

2X6B8M2K8 болаттың шыңдау температурасы — 1 180.1200 °C, жұмсарту 45.50 HRC қаттылыққа 630.690 °C кезінде жүргізіледі.

Жоғарылатылған қаттылыққа (50 HRC) кішігірім өлшемдердегі және қарапайым конфигурациядағы штамптар, төмендегілгенге (45 HRC) — ірі штамптар және күрделі конфигурациялы штамптар өңделеді.

Шыңдаудың жоғары температуралары нәтижесінде штамптардың қышқылданудан және көміртексіздендіруден қорғалуын көздеу қажет. Бақыланатын құраммен атмосферада және вакуумда қыздыру анағұрлым орынды. Шыңдаудан кейін қалдық аустениттің толық айналуы үшін екі мәрттер жұмсартуді тез жүргізу қажет. Екінші жұмсартудың температурасы біріншіге қарағанда 20.25 °C төмен.

Болатты күйдіру 650.680 °C баяу салқындатумен 830.870 °C температураларда және аустенитті толық жойылуына дейін ұстамдылықпен жүзеге асырылады.

Металдық (алюминий, мыс және басқалары) қорытпаларының және ыстық штамптарының қысымымен құйма пресс-пішінді бұйымдардың жұмыс жасау температуралық режимдері бірдей. Сондықтан пресс-пішін үшін тиісті қысу құралы үшін де болат қолданылады: 4X5MФC және 4X4B2MФC (алюминий қорытпаларын құю үшін және басқалары).

9.3.2. Қысыммен өңдеу үшін қиын балқитын және алмазды құрал

Қиын балқитын құрал. Қатты қорытпалардан қысыммен өңдеу үшін құралдың әр түрлі түрлері дайындалады. Қиын балқитын құралды болаттан жасалған құралдың орнын қолдану төзімділіктің аса елеулі көтерілуін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді: ойып түсіру штамптары үшін 20 — 30 есе, түсіру штамптары үшін 15 — 25 есе және тартпалы штамп үшін 100 есе.

Алайда, оның қолданылуын қатты қорытпаның жоғары құны, сондай-ақ қиын балқитын құралды жасау технологиясының қиындылығы және қымбаттылығы шектейді, себебі қатты қорытпалар болаттан өзгеше іс жүзінде ұстаралық құралмен өңдеу мүмкін емес немесе өте қиын. Штампты құрал арнайы болып табылады, себебі кескіш құралдан өзгеше әмбебап болып табылатын белгілі бір бұйымды жасау үшін арналған — кескіштер, жонғыштар әр түрлі

бұйымдарды өңдеу үшін қолданылады. Сондықтан қиып, батықтың штампты құралды қолдану жаппай өндіріс шарттарында ғана ақталады.

Шағын динамикалық жүктемелер кезінде (тарту, (қысып шығарылған) жоғарылатылған тозу шарттарында жұмыс істейтін құрал үшін кескіш құралдар үшін сол бір қатты қорытпалар қолданылады: ВК6, ВК8, ВК10. Одан басқа, құралдан жоғары тозуға төзімділік қана талап етілетін жағдайларда, мысалы, шағын диаметрдегі (3 мм дейін) сымды тарту, жоғары беріктігіне ие қорытпаларды қолдануға болады: жоғарылатылған қаттылығы мен тозуға төзімділігі бар төмен кобальтті ұсақ дәнді қорытпалар (ВК3-М, ВК3, ВК4), сондай-ақ вольфрамсыз қорытпалар КНТ-16, ТН-20). Соңғыларында қаттылығы жоғары, үйкеліс коэффициенті төмен (ВК8 қорытпаларын қарағанда, болатпен жұпта шамамен 2 есе төмен) және өңделетін материалмен адгезиялық өзара іс-қимылы нашар. Қатты қорытпалардың беріктігі және әсіресе, екпінді жабысқақтығы штампты болатқа қарағанда едәуір төмен. Сондықтан динамикалық жүктемелер шарттарында жұмыс істейтін штампты құрал үшін (кесіп алу, тесіп өту, бөлгіш штамптармен кесу, түсіру, көлемді қалыптау) кескіш құрал үшін қолданылатын қорытпалар төмен төзімділігіне байланысты жұмысқа қабілетті емес. Штампты құралдың осы түрлерін жасау үшін вольфрамокобальтті қатты қорытпалар қолданылады, олардың кескіш құрал үшін қолданылатын ВК типтегі қорытпалардан ерекшелігі кобальттің елеулі көлемін қамтиды (15...25 %). Бұдан басқа, беріктікті қосымша арттыру вольфрам карбиді дәндерінің аса үлкен өлшемдері есебінен қол жеткізіледі (9.8-сурет). Қорытпаларды карбидтер дәнінің өлшеміне байланысты топтарға бөлу төменде келтірілген:

Қорытпалар	Дәннің өлшемі, мкм
Орташа дәнді сериялар С	2,0,2,5
Ірі дәнді сериялар КС	3,7,4,5
Ерекше ірі дәнді сериялар К	6,0,8,0

Кобальтті жоғары қамтумен (20 % және одан да көп) қорытпалардың бір маңызды технологиялық артықшылығын атап өткен жөн. Оларды ВК6-ОМ және ВК3-М қатты қорытпалардан пластинкалармен жабдықталған ұстаралы құралмен өңдеуге болады және осылайша күрделі конфигурациялы бұйымдар алынады.

Штампты құралдың габариттері кескіш құрал үшін қолданылатын пластиналарға қарағанда едәуір үлкен. Ірі габаритті дайындамалардың жоғары беріктігі үшін қажетті шағын кедір-бұдырлықты алу газдық ортада емес, жоғарылатылған температураларда арнайы пісіру технологиясы есебінен қол жеткізіледі.

**ВК қорытпаларының беріктігі мен қаттылығына кобальттің қамтуы және
WC вольфрам карбиді дәні өлшемінің әсер етуі**

Қорытпа	Құрамы, %		Дәnniң өлшеміWC, мкм	Қатты- лығы HRA	σ _{изг} , МПа
	WC	Co			
BK6	94	6	12	88,5	1519
BK8	92	8	12	87,5	1666
BK15	85	15	2,3	86,0	1862
BK10-KC	90	10	3.5	85,0	1862
BK20-KC	80	20	3.5	82,0	2107
BK20	78	22	68	80,0	1764
BK25	75	25	24	82,0	2156

Ескерту. Кескіш құрал үшін қолданылатын BK6 және BK8 қорытпалары салыстыру үшін келтірілген.

Кішігірім екпінді жүктемелері кезінде (тарту, майыстыру операциялары) BK15 және BK10-KC қорытпалары; орташа екпінді жүктемелері (M6 дейін кішігірім өлшемдердің болттарды, бұрамаларды алып тастау)BK20, BK20-KC, BK10-KC қорытпалары; үлкен екпінді жүктемелері, сондай-ақ ыстықтай қалыптау үшін —BK25 және BK20-K қорытпалары қолданылады.

Алмазды құрал. Сымдайтын құрал — *алмазды сымдар* —өндіріс барысында сымдар қолданылады. Өте шағын өлшемдердегі сымды (диаметрі 0,03 мм және одан да кем), сондай-ақ беріктігі шағын материалдардан сымды (алтын, күміс) іс жүзінде алмазды сымдарды қолданбай алу мүмкін емес. Алмазды сымдар арқылы тартылыстың күшеюі қатты қорытпалардан сымдарды арқылы қарағанда анағұрлым аз. Бұл алмаз және тартылатын материалдар арасындағы үйкеліс коэффициенттерінің және адгезия күштерінің шағын мәндерімен түсіндіріледі. Алмазды сымдар арқылы тарту төмен беріктікке ие шағын диаметрлі сымдардың үзілу сандарын төмендетеді. Алмаздың әмбебап қаттылығы құралдың тозуға төзімділігін анықтайды және қиындық келтіретін тарту құралын ауыстырмай, жұмыстың ұзақ уақыт аралығында сымның жоғары сапасын алынуын қамтамасыз етеді (шағын кедір-бұдырлық және өлшемдердің нақтылығы).

Тартылатын сымның максималды диаметрі алмаздың беріктігімен шектелген. Диаметрді ұлғайту тартылыс күшінің артуына әкеледі. Сондықтан алмазды сымның калибрлейтін тесігінің максималды шекті диаметрі көп болған сайын тартылатын металдың беріктігі төмен (9.9-сурет).

Алмазды сымдар үшін сымдардың шекті диаметрлері

Материал	Беріктік шегі σ_b , МПа	Диаметрі, мм, кемінде
Алтын, күміс, мыс	кемінде 500	2
Жез, қола, никель қоспалары	500.1000	1
Нихром, вольфрам, молибден	1000 аса	0,5

Сымдарды дайындау үшін сымның өлшеміне байланысты 0,03...4 қарат массасымен жоғары сапалы табиғи алмаздар қолданылады. Алмазды сымдар металдық жақтауларға бекітіледі.

9.3.3. Ұсақ сериялы өндіріске арналған штампты материалдар

Ұсақ сериялы өндіріс шарттарында — бірнеше мың немесе жүз бұйымдарды кішігірім шығару бағдарламасында — негізгі проблема құралдың жоғары төзімділігіне қол жеткізбеу емес, оны жасау еңбек сыйымдылығының төмендеуі болып табылады. Сондықтан штампты құрал үшін материалдарды таңдау принципі жаппай өндіру шарттарынан ерекшеленеді.

Осылайша, 1000 дана дейін бұйымдар партиясын жасау үшін пуансондардың қаттылығы 40.45 HRC, 5000 данаға дейін партияда — 52.56 HRC болуы мүмкін, бұл құралды өндіру үшін орташа көміртекті болатты қолдануға мүмкіндік береді. Анағұрлым еңбекті қиындататын ішкі беттерде өлшемдердің жоғары нақтылығын алу қажеттілігіне байланысты ерекше күрделі пішіндегі немесе шағын өлшемдегі матрицаларды жасау болып табылады (пуансондарда бұл жұмыс беттері, оларды өңдеу анағұрлым жеңіл). Бұл қолмен жеткізуші операцияларды орындау үшін жоғары білікті жұмысшыларды тартуды талап етеді.

Осындай шарттарда матрицаларды жоғары қаттылығы жоқ материалдардан жасаған орынды, ал кейбір операцияларды тіпті алып тастауға болады. Осындай шешімдер тесу және түсіру операцияларында қолданысын тапты (шайбаларды, төсеніштерді жасау және т.б.).

Жұмсақ материалдардан — күйдірілген болаттан (қаттылығы кемінде 200 HB), сондай-ақ жезден және қоладан (100. 170 HB) жасалған матрицалардағы тесік — пуансонмен тігіледі, матрица тесігінің қажетті пішінін автоматты түрде алады. Осындай технологи кезінде тесікте күрделі пішін болған жағдайда да қиындық туғызбайды. Бейметал материалдарды (резеңке, картон), сондай-ақ жуандығы 1мм дейін болат пластиналарын кесіп алу үшін мырыш негізіндегі ЭКБ маркалы корытпа қолданылады (4 % Al, 3,5 % Cu, 0,5 % Mn, 0,5 % Si).

Матрицаларды жасаудан мүлдем бас тартуды *эластомерлерді*

қолдану мүмкіндік береді (12-бөлімін қараңыз). Осы жағдайда жапырақтан дайындаманы жасай отыра, пуансон оны тығыз эластомерге батырып шығарады.

Осындай эластомер ретінде *полиуретан* қолданылады, ол жоғары беріктікке және тозуға төзімдікке, екпінді жүктемелерге жоғары қарсылыққа ие тығыз резеңкеге ұқсас синтетикалық материал болып табылады.

Түрлі маркалы полиуретандардың ажырауына беріктік 300-ден 400 МПа дейін ауытқиды. Полиуретан дайындамалары жолақтар және цилиндрлер ретінде шығарылады.

Жұмсақ материалдардан немесе полиуретаннан жасалған матрицаларды қолдану барысында кесіп алу-тесу операциялары беріктігі 500 МПа дейін, жуындығы 1,5 мм дейін 10, 20, 30 болаттан; жуындығы 2 мм дейін мыс және алюминий қорытпаларынан; жуындығы үлкен бейметалл материалдардан (қағаз, картон, резеңке, текстолит және басқалары) бұйымдарды жасауға мүмкіндік береді.

9.4. Бақылау-өлшеуіш құралына арналған материалдар

Өлшеуіш құрал сызықтық және бұрыштық өлшемдерді, беттің кедір-бұдырлығын өлшеу, сондай-ақ қаттылықты анықтау үшін арналған.

Өлшеуіш құралдар тозуға төзімді болуы тиіс, оған жоғары қаттылық және уақыт ішіндегі өлшемдердің тұрақтылығы есебінен қол жеткізіледі. Өлшеуіш құралды жасау үшін болат, қатты қорытпалар және алмаздар қолданылады.

Анағұрлым кеңінен *болат* қолданылады, одан ұзындықтың соңғы өлшемі (өлшеуіш плиткалары), сондай-ақ қапсырмалар, шаблондар, калибрлер жасалады.

Болаттың жоғары қаттылығына (55...65 HRC) бастапқы қаттылыққа шыңдау нәтижесінде қол жеткізіледі, яғни беріктендіру технологиясы шыңдауға және төмен жұмсартуда негізделеді. Жоғары қаттылық көміртектің жоғары концентрациясымен мартенситті алу есебінен алуға болады. Сондықтан өлшеуіш құралын жасау үшін келесідей болаттар қолданылады:

- көміртекті 1 % және одан да аса қамтумен X (ШХ15), 12Х1, ХГ;
- цементтелетін болаттар 20, 20Х. көміртектің жоғары қамтылуы цементтеу нәтижесінде беттік қабаттарда қол жеткізіледі;
- орташа көміртекті болаттар 50, 55. Олар аз қаттылықты алады, бірақ анағұрлым технологиялы;
- арнайы құрал үшін коррозияға төзімді болат 40Х13.

Тегіс паралельді өлшемдерді және калибрлерді жасау үшін Х (ШХ15), 12Х1, ХГ болаттары қолданылады. ХГ болаты көміртектің жоғарылатылған көлемін қамтиды (1,3...1,5%). Біркелкі құрылымды

алу үшін осы болаттардан жасалған құралдар алдын ала термиялық өңдеуге ұшырайды: 850.860 °C температураларда қалыптандыру және одан әрі 1 сағат ұзақтығымен 600 °C кезінде жұмсарту. Бұл ретте егер құрылымда цементитті тор болса, ол жойылады.

X және XГ болаттарын шыңдау 840.850 °C температурасына майда жүзеге асырылады. Шыңдау барысында аса жоғары қыздыру қалдық аустенит санының ұлғаюын тудырады. Өлшеуіш құрал үшін (әсіресе, тегіс паралельді өлшемдер) құрылымда устениттің болуына жол берілмейді, себебі пайдалану процесінде құрал өлшемдерінің ұлғаюын тудыратын оның ыдырауы жүреді. Бұдан басқа, уақыт ішінде өлшемдердің өзгерістері мартенситтің ыдырауы есебінен болады, онда цементиттің бөліну есебінен көміртекті қамту азаяды, бұл өлшемдердің кішіреуіне әкеледі.

Құрылым мен өлшемдерді тұрақтандыру мақсатында осы процестердің алдын алу үшін құралдар қалдық аустенитті жою үшін -70 °C температурада суықпен өңдеуге (5.3.2-кіші бөлімін қараңыз), одан кейін 24.60 сағат ішінде 120.130 °C температурада ұзақ жұмсартуға ұшырайды.

Ажарлаудан кейін тегістеу алдында ажарлау кернеулерін жою үшін 2.3 сағат ұзақтығымен қайта жұмсартуды жүргізу орынды.

Қапсырмалар, шаблонда, лекалаларды төмен көміртекті (20, 20X) немесе орташа көміртекті (50, 55) болаттардан жасалады. 20 және 20X болаттардан жасалған құралдарды цементтеуге ұшырайды, 790.810 °C температурада майда (20X болаты) немесе суда (20 болаты) шыңдалады. Жұмсарту 150.180 °C температурада 2.3 сағат ішінде жүргізіледі. Шағын жуандықтың салдарынан цементтік қабаттағы айналым құралдың жалпы көлемінің өзгерістеріне аз әсер етеді, себебі ұзақ жұмсарту талап етілмейді.

50 және 55 болаттардан жасалған құралдар ТВЧ шыңдалуына ұшырайды. Бұл шағын өзгерістерді алуға мүмкіндік береді және түзету мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Жұмсарту 2.3 сағат ішінде 150.180 °C температурада орындалады. 50 және 55 болаттардың тозуға төзімділігі цементтелетіндерге қарағанда аз.

40X13 болатты коррозияға қарсы тұрақтылыққа ие арнайы құралдар үшін қолданылады. Термиялық өңдеу: майда салқындатумен 950.1000°C температурада шыңдау және 12-ден 50 сағатқа дейін ұзақтығымен 120.130 °C температурада жұмсарту. Алынатын қаттылық — 55.57 HRC.

Қатты қорытпалар құрал-жабдықты болатқа қарағанда едәуір қаттылыққа және тозуға төзімділікке тиесілі; олар құрлымдық айналымдарға ұшырамайды, яғни уақыт ішінде өлшемдердің жоғары тұрақтылығына ие. Осы қорытпалар ұзандықтың тегіс паралельді өлшемдерін; калибрлерді; микрометрлік құралдың байланыс элементтерін — желімдеудің болатты бұйымдарымен қосылатын шүйделерді жасау үшін қолданылады. Өлшеуіш құрал статистикалық, динамикалық жүктемелерді көрмейді, сондықтан жоғары қаттылыққа

ие қорытпалар қолданылады: төмен кобальтті және вольфрамсыз.

Алмаздар қаттылықты бақылау, беттің кедір-бұдырлығын бақылау аспаптарында, сондай-ақ өлшемдерді бақылаудың белсенді әдістері кезінде қолданылады.

Қаттылықты өлшеу кезінде алмазды ұштық қолданылады: Роквелла әдісі бойынша— 120° бұрышпен конус; Виккерс бойынша — 136° тең қырлар арасында бұрышпен төрт қырлы пирамиданы сынау үшін.

Беттің кедір-бұдырлығын анықтау профилометрде және профилографтарда орындалады. Бұл ретте, бетті өткір инемен қармаланады (сканерленеді). Ине аса жоғары тозуға төзімділікке ие болуы тиіс, себебі оның мұқалануы бақылау нәтижелерінің қате болуына әкеледі. Сондықтан алмазды жұмыс бөлшегімен — 90° бұрышпен конус ретінде ұшпен 0,01...0,02 карат массасымен кристалмен инелер қолданылады.

Автоматты өндіріс шарттарында өлшемдерді белсенді бақылау кезінде 0,05.0,3 карат массасымен кристалдардан жасалған алмазды жұмыс бөлшегімен өлшеуіш ұштық қолданылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Құрал-жабдықты материалдарды пайдалану облысы қандай?
2. Кескіш және штампты құралды дайындау үшін материалдарға қандай талаптар қойылады?
3. Кескіш құрал дайындау үшін қандай болат қолданылады?
4. Құрал-жабдықты және тез кескіш болат арасындағы негізгі ерекшілік неде?
5. Тез кескіш қалай белгіленеді?
6. Бастапқы және екінші қаттылық деген не?
7. Тез кескіш болаттан жасалған құрал үшін қандай беріктендіргіш термиялық өңдеу қолданылады?
8. Қатты қорытпаларды және кескіш керамиканың өндіру технологиясы қандай?
9. Қатты қорытпалардың кескіш керамиканың қандай типтері өнеркәсіпте қолданылады?
10. Құралды беттік беріктендірудің қандай әдістері өнеркәсіпте қолданылады? Неге кейбір әдістер қиын балкитын құрал үшін ғана жарамды?
11. Өнеркәсіпте қандай аса қатты материалдар қолданылады?

12. Абразивтік құралды жасау үшін қолданылатын абразивтік материалдарды атаңыз. Абразивтік өрістер үшін қандай байламдар қолданылады?

13. Штампты құрал дайындау үшін қандай материалдар қолданылады? Қатты қорытпаны, алмазды қай кезде қолданған орынды? Жоғары қаттылығы және тозуға төзімділігі жоқ материалдар қандай жағдайда қолданылады?

14. Өлшеуіш құрал үшін материалдарға қандай талаптар қойылады? Оны дайындау үшін қандай материалдар қолданылады?

ТҮСТІ МЕТАЛДАР ЖӘНЕ ҚОРЫТПАЛАР

10.1. Мыс қорытпалары

Жалпы мәліметтер. *Таза мыс* иілгіштікке, жоғары жылу және электр өткізгіштікке ие. Мыстың қалыңдығы $8,9 \text{ г/см}^3$, балқыту температурасы 1083°C . Жоғары электр өткізгіштігі мыстың электр техникалық өнеркәсібінде кеңінен қолданысын анықтады (8.4-кіші бөлімін қараңыз). Төмен беріктігіне байланысты таза мыс машина жасауда қолданылады, оны конструкциялық қорытпалардың негізі ретінде қолданылады: жез және қола.

Жез— бұл мыстың мырышпен, негізгі қоспалаушы элементпен қорытпалары. Мырыштан басқа, жездің қорытпасына басқа да қоспалаушы элементтер кіруі мүмкін.

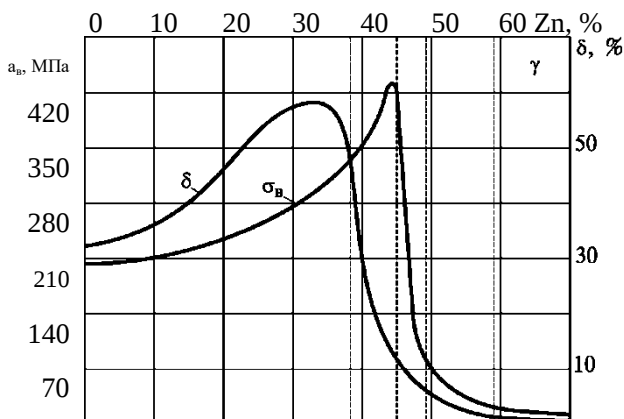
Қола— бұл қорытпалар, онда мырыштан басқа, кез келген қоспалаушы элемент (қалайы, қорғасын, кремний, алюминий және басқалары) кіруі мүмкін, мырыш қоланың құрамына кіреді, алайда негізгі құрамына емес.

Қорытпалардың белгіленуі. Жез бен қолалардың қоспалаушы элементтер болаттың белгісін қоспағанда, олардың атаулары бірінші әріптермен белгіленеді. : А — алюминий, Б — бериллий, Ж — темір, К — кремний, Мц — марганец, Мг — магний, Н — никель, О — қалайы, С — қорғасын, Т — титан, Ф — мәрмәр, Х — хром, Ц — мырыш. Осы элементтердің құрамы тұтас проценттерде көрсетіледі.

Технологиялық принцип бойынша осы қорытпалар деформацияланатын және құйма деп бөлінеді, олардың белгілерді ерекшеленеді. Деформацияланатын қорытпалардың маркировкасына алдымен қоспалаушы элементтердің барын көрсететін барлық әріптер жазылады, ал одан кейін олардың құрамын көрсететін сандар осы тәртіппен жазылады. Құйма қорытпаларының маркировкасында сандар құрамдауыштың барын белгілейтін тікелей әріптен кейін жазылады, бұл болат үшін қабылданған тәртіпке ұқсас.

Жез Л әрпімен белгіленеді. Деформацияланатын жездің маркировкасында мырыштың бары көрсетілмейді, ол құрамды 100 % дейін толықтырады, мысалы, Л96 жездің құрамы: 96 % Cu және Zn мырыштың көрсетілмеген құрамы — 4 %. Құйма жездің маркировкасында, керісінше, мыстың құрамы көрсетілмейді, ЛЦ30А3 құйма жездің құрамы: 30 % Zn; 3 % Al; ост. 67 % Cu.

10.1-сурет. Мырыштың жездің σ_B беріктік пен δ иілгіштік шегіне әсер етуі



Қола Бр әріптерімен белгіленеді, маркасында мыстың бар болуы көрсетілмейді, %: Sn— 6; Zn— 6; Pb— 3; Cu — 85; БрО8Ц4 — құйма қоласы, оның құрамында, %: Sn— 8; Zn— 4; қалд. Cu. Мысалы, БрОЦС6-6-3 — деформацияланатын қола.

Жез. Құрамында мырыштың 45 % дейін болатын жез тәжірибелік тұрғыдан қолданылады, оның одан әрі ұлғаюы беріктіктің күрт төмендеуіне әкеледі. Барынша беріктікке мырыштың 30-дан...32%-ға дейін жез ие(10.1-сурет).

Құрамда мырышты қамтуына байланысты жез 39 % дейін мырышты қамтумен *бір фазалық* а-жез және 39 % астам мырышты қамтумен *екі фазалық*(а+Р)-жез деп бөлінеді. Бір фазалық жез екі фазалық жезге қарағанда анағұрлым жоғары иілгіштігі, алайда аз беріктігі бар.

Бір фазалық жез суық күйінде қысыммен жақсы өңделеді. Температураның 300.700 °С дейін артумен олардың иілгіштігі нашарлайды.

а-жезді беріктендіру тойтару нәтижесінде ғана мүмкін, бұл ретте қаттылық пен беріктік артады, ал иілгіштік төмендейді. Мысалы, құрамында 20 % мырыш бар жездің беріктік шегі 320-дан 640 МПа дейін өседі, ал салыстырмалы ұзындығы 55-тен 3 % дейін төмендейді. Тойтаруды алып тастау үшін жез 500.700 °С температура кезінде қайта кристалдандыру қыздыруға ұшырайды. Екі фазалық жез 500 °С жоғары температура, яғни ыстық өңдеу кезінде жақсы түрленеді.

Қарапайы жез (құрамында мыс пен мырыш ғана) 10% дейін мырышты қамту кезінде *томпақтар*, 20% дейін мырышпен —

жартылай томпақтар деп аталады. Олар алтынған ұқсайды және сәндік бұйымдарды жасау үшін қолданылады. Арнайы қасиеттерді алу үшін *арнайы (күрделі)* жез қолданылады, оның құрамына мырышпен қатар өзге қоспалаушы элементтер енгізіледі.

Кесумен өңделіп шығуын жақсарту үшін жезге қорғасынды енгізеді (ЛС59-1); теңіз суында коррозияға қарсы тұруын арттыру үшін — қалайы (ЛО70-1); механикалық қасиеттерді арттыру үшін — алюминий, никель және басқалары (ЛАЖ60-1-1).

Қола. Өнеркәсіпте қалайы, алюминий, бериллий қолалары өз қолданысын тапты.

Қалайы қоласы (құрамында 20 % дейін қалайы бар) жақсы құйма және үйкеліске төзімді қасиеттеріне, жоғары химиялық беріктікке ие. Тәжірибеде қола 10...12 % қалайымен қолданылады. Құрамында ол көп болған кезде қола нәзік болады.

4.5 % қалайымен қола суық күйінде түрленеді. Тойтаруды алып тастау үшін 600.650 °С температура кезінде қайта кристалдандырумен қыздыру жүргізіледі. Құрамында 5 % қалайы бар қола жоғары үйкеліске төзімді қасиеттерге ие.

Кесумен өңделіп шығуды жақсарту мақсатында қалайы қоласына қорғасын енгізіледі (БрОЦС4-4-2,5).

Мәрмәр құйма, сондай-ақ механикалық және үйкеліске қарсы қасиеттерді жақсартады (БрОФ6-0,15). Мәрмәрді қамтитын құйма қолалар көркем құю үшін қолданылады. Осы қолаларда құймалар елеулі кеуектілікке (1 %) байланысты шағын апшуы бар; салыстыру үшін шойындардың апшуы 1,5 %, болат — 2 % құрайды. Ұсақ тесіктер көлемнің бар жерінде таралады, қондыру қалқаны құрылмайды.

Қоланы арзандату үшін қалайының бір бөлігі мырышпен алмастырылуы мүмкін (БрОЦС4-4-2,5).

Алюминий қолаларының құрамында 5.10% алюминий бар. 6.8% алюминиймен қолалар иілгіш, олар қысыммен суық және ыстық күйлерінде өңделеді, ал құрамында 8.10% А1 бар қола жоғары температура кезінде ғана өңделеді.

Алюминий қолалары жоғары үйкеліске төзімді тұрақтылыққа ие. Кикельмен және темірмен қосындылау (БрАЖ9-4) олардың механикалық қасиеттерін жоғарылатады.

Бериллий қолалары берилийдің 2,0...2,5 % камтиды. Берилий қолаларын дисперсиялық катаю есебінен беріктендіру мүмкін (2.7-сурет). Шыңдау 760.780 °С температурадан жүргізіледі, суда суытылады; тозу — 2 сағат ішінде 300.350 °С температура кезінде. Беріктендіруден кейінгі қасиеттер: $\sigma_b = 1250$ МПа, $\sigma_{02} = 1000$ МПа, қаттылық 350.400 НВ. Бұл беріктік шегі 450 және 650 МПа, ал қаттылық кемінде 75 және 150 НВ болатын қалайы және алюминий қолаларына қарағанда едәуір жоғары.

Беріктіктің және ең бастысы, аққыштықтың шектерінің жоғары мәндері серіппе, мембрана және басқаларды жасау үшін бериллий қолаларын қолдануды анықтады. Берилий қоласын басқа металға соғу

кезінде ұшқын туындамайды, сондықтар одан жарылуға қауіпті шарттар жұмыс жасау үшін құралды дайындайды. Қола жақсы технологиялық қасиеттерге ие: пісіруге бейімділік, кесумен өңделуі.

10.2. Алюминий қорытпалары

Жалпы мәліметтер. *Алюминий* — жеңіл металл, оның қалыңдығы $2,7 \text{ г/см}^3$, балқыту температурасы 658°C . Алюминий жоғары иілгіштікке $5 = 40\%$ және төмен беріктікке $\sigma_b = 100 \text{ Мпа}$ ие. Алюминий коррозияға қарсы тұра алады, себебі оның бетінде Al_2O_3 оксидінің тығыз қорғаныш қабықшасы болады.

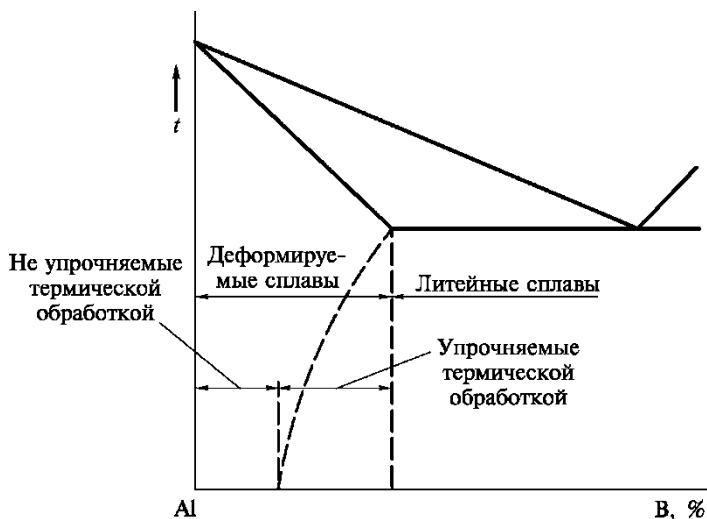
Алюминий жоғары электр өткізгіштікке ие және кеңінен электр техника өнеркәсібінде қолданылады (8.4-кіші бөлімін қараңыз). Бұдан басқа, жоғары иілгіштік одан өте жұқа жұқалтыр жасаға мүмкіндік береді.

Жоғары коррозияға төзімділік алюминийді ыдыс-аяқ және басқа да көпшілік тұтынатын бұйымдарды жасау үшін қолданысын айқындады.

Тойтару нәтижесінде алюминий беріктігі $160 \dots 180 \text{ Мпа}$ дейін артады, бұл ретте иілгіштік төмендейді. Тойтаруды алып тастау үшін 330.360°C температурасы кезінде қайта кристалданып қыздыру қолданылады.

Алюминий жоғары үлестік беріктікке (тығыздылыққа жатқызылған беріктік) ие көптеген жеңіл конструкциялық қорытпалардың негізі болып табылады.

Технологиялық принцип бойынша алюминий қорытпалары деформацияланатын және құйма болып бөлінеді. Деформацияланатын қорытпалар өздерінің құрылымында эвтектиканы қамтымайды, ал құйма қоспаларының құрылымында ол бар (10.2-сурет).



10.2-сурет. Алюминий жүйесінің күй диаграммасы—
қоспалаушы элементі

Деформацияланатын қоспалар беріктендіргіш және беріктенбейтін термиялық өңдеуге бөлінеді.

Құйма қоспалары термиялық өңдеу нәтижесінде беріктендіріледі, алайда беріктендіру дәрежесі аз, аз болған сайын, құрылымдағы эвтектика да көп.

Деформацияланатын қорытпалар. Термиялық өңдеумен беріктенбейтін деформацияланатын қорытпалар *бір фазалық* болып табылады. Оларға алюминий — марганец (АМц) и алюминий — магний (АМг) жүйелерінің қорытпалары жатады. Осы қорытпалар жоғары иілгіштікпен және коррозияға төзімділікпен сипатталады, алайда олардың беріктігі жоғары емес (150...350 МПа). Қорытпалар аз жүктелген бұйымдарды, соның ішінде агрессивті орталарда жұмыс істейтін бұйымдарды жасау үшін қолданылады.

Термиялық өңдеумен беріктендіргіш деформацияланатын қорытпалар *екі фазалық* деп аталады. Мыспен, магниймен, марганецпен қосындыланған қорытпалар анағұрлым таралған — *дюралюминдер*. Дюралюминдер Д әрпімен белгіленеді, одан кейін қорытпаның шартты нөмірін көрсететін сандары қойылады.

Қорытпалар ыстық және суық күйлерінде түрленеді. Суық түрленуден кейін дюралюминий 340.370 °С температурамен жеңілдететін қыздыруға жатады.

Қорытпаларды беріктендіруге дисперсиялық катаю есебінен қол жеткізіледі (2.7-кіші бөлімін қараңыз). Беріктендіргіш термиялық өңдеу шыңдаудан және тозудан тұрады. Беріктендірілген дюралюминий мен болаттың беріктік шектері шамамен мынаған тең: дюралюминийдерде $\sigma_b = 300.520$ МПа, болатта Ст3 $\sigma_b = 370.480$ МПа.

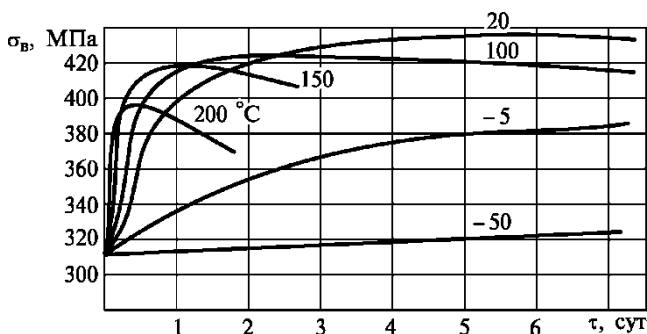
Шыңдау суда салқындатумен 490.510°C температурадан жүргізеді.

Беріктік мен қаттылықтың артуы болатын тозу 5.7 тәулік ішінде цехтың температурасы барысында *табиғи* немесе 2.4 сағат ішінде 150.180 °C температурада *жасанды* болуы мүмкін.

Анағұрлым жоғары температуралар кезінде тозу процесі жедел болады — барынша беріктік пен қаттылық анағұрлым қысқа уақыт ішінде алынады (10.3-сурет).

Алайда, шекті температура болады (200 °C), онда тозу барынша беріктікті алуға мүмкіндік береді. Бұл осындай температура кезінде екінші фаза бөлшектерінің бөлінуімен және өсуімен, оның салдарынан беріктіктің төмендеуіне байланысты *қайта тозу* деп аталады.

Егер шыңдаудан және табиғи тозудан кейін дюралюмин 200.250 °C дейін қыздырылса, онда босаңсайды және шыңдалған күйіне сәйкес келетін қасиеттерді алады. Бұл құбылыс *қайтару* деп аталады. Беріктендіру және қайтар процесі бірнеше рет қайталанады, алайда, бұл ретте коррозияға төзімділік нашарлайды.



10.3-сурет. Дюралюмин σ_b беріктік шегінің t түрлі температуралар кезінде тозу ұзақтығынан тәуелділігі

Дюралюмин профиль, шыбықша, табактар түрінде жеткізіледі.

Авиаль қорытпалары (Al— Mg— Si— Cu) дюралюминдерге қарағанда беріктік бойынша нашарлау, алайда иілгіштігі жақсырақ. Осы қорытпалар суда 515...530°C температурада шыңдалады, ал одан кейін табиғи немесе жасанды тозуға жатады. Табиғи тозу 150.170 °C температура кезінде жүзеге асырылады. Қорытпалар табактарда, құбырларда және басқаларда жеткізіледі.

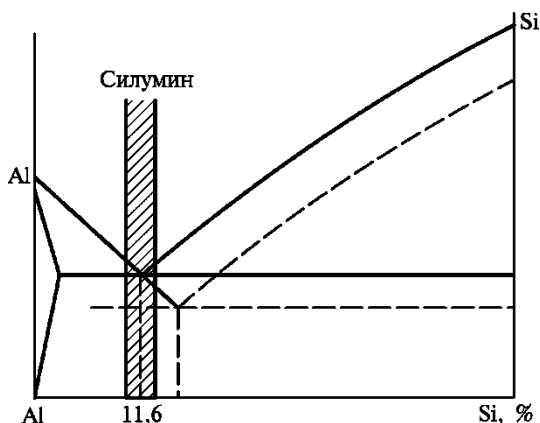
Бұйымдарды соғумен және қалыптаумен жасау үшін кішігірім көлемдерде кремниймен (0,7... 1,2 %) және темірмен (1,6 % дейін) қосындыланған АК (АК1, АК6, АК8) қорытпалары қолданылады. Осы қорытпалар соғу мен қалыптаудың 450.475 °C температурасы кезінде жоғары иілгіштікке ие. АК қорытпаларын термиялық өңдеу суда 490.515 °C температурада шыңдаудан және 5.15 сағат ішінде 150.160 °C кезінде тозудан тұрады.

Құйма қоспалары. Бұл Al— Si жүйесінің қоспалары — *силуминдер*.

Олар АЛ әріптерімен белгіленеді, олардан кейін шартты сандар қойылады.

АЛ2 қорытпасы (10.13% Si, қалд. Al) анағұрлым кеңінен қолданылады. Оның құрамы эвтектикалыққа жақын, сондықтан төмен балқыту температурасына (10.4-сурет), сондай-ақ шағын апшуына байланысты жақсы сұйық аққыштыққа ие.

Қорытпалардың құйма қасиеттерін жақсарту үшін металды пішіндерге құю алдында енгізілетін 2/3 NaFи 1/3 NaCl тұратын қоспаның массасы бойынша 1 % қоса отырып, түрлендіріледі. Түрлену эвтектиканы кристалдандыру (катаю) температурасын төмендетеді (10.4-суретті қараңыз), нәтижесінде құрылым ұсақ дәнді болады. Бұдан басқа, қорытпаның құрылымдық сипаттамасы өзгереді — ол эвтектикадан кейінгіден эвтектикадан кейінгіге айналады. Оның құрылымында кремнийдің нәзік қосулары жоқ. Құрылымның осындай өзгеруі беріктік шегін арттыруға әкеледі (140-тан 180 МПа дейін).АЛ2 қорытпасы жоғары механикалық қасиеттері талап етілмейтін күрделі пішімдегі құймалар үшін қолданылады.



10.4-сурет. Al— Si жүйесінің қорытпаларын кристалдандыру шарттарында түрленудің ықпал етуі:

----- түрлендірмей;
----- түрлендірумен

Мыс, магний және марганец қоспаларымен силуминдер аса жоғары механикалық қасиеттерге ие. Механикалық қасиеттерді одан әрі арттыру үшін олар термиялық өңдеуге жатады. Құйма қорытпаларының құрылымы деформациялатынға қарағанда, анағұрлым күрделі және ірі дәнді, сондықтан артық фазаларды еріту үшін аса жоғары шындау температурасы да, осы температура кезіндегі ұсталым да талап етіледі. Шындау 520 ...540 °C температура кезінде, тозу 10...20

сағат ішінде 150... 180 °C кезінде жүргізіледі. Осындай қорытпалардың беріктігі АЛ2 қорытпаға қарағанда алайда жоғары. Осылайша, АЛ4 қорытпаның беріктік шегі 15 сағат ішінде 535 °C температура барысында шыңдаудан, 175 °C температурасы кезінде тозудан кейін 260 МПа жетеді.

10.3. Магний қоспалары

Магний — жеңіл металл, оның қалыңдығы 1,7 г/см³, балқыту температурасы 651 °C. Таза магний шағын беріктікке $\sigma_b = 120$ МПа және иілгіштікке $\delta = 8\%$ ие.

Магний коррозияға құрғақ ортада ғана төзімді, температура көтерілген кезде жеңіл қышқылданады және өздігінен тұтанады.

Өнеркәсіпте магнийдің алюминиймен, мырышпен, марганецпен және сирек титанмен қорытпалар қолданылады. Алюминий және мырыш механикалық қасиеттерді жақсартады, марганец коррозияға төзімділігін арттырады, титан дәннің ұсақталуына ықпал етеді.

Магний — қоспалаушы элемент және алюминий — қоспалаушы элемент күй диаграммалары ұқсас (10.2-суретті қараңыз). Сондықтан магний қоспалары алюминий қоспалары сияқты технологиялық принципі бойынша *деформацияланатын* және *құйма* деп бөлінеді. Деформацияланатын магний құймалары МА әріптерімен, құйма — МЛ деп белгіленеді.

Магний қорытпаларының *түрленуі* 250...400°C температура кезінде жүзеге асырылады. Деформацияланатын магний қорытпалары беріктендіргіш термиялық өңдеуге жатпайды, олар 3... 12 сағат ішінде 340.400 °C температура барысында қыздырылады.

Құйма қоспаларының механикалық қасиеттері көбінесе дәннің өлшеміне байланысты. Дәнді ұсақтау үшін оларды құю алдында бормен, магнезитпен, циркониймен, хлорлы темірмен түрлендіреді. Магний қорытпаларының құймалары қалдық кернеуді алып тастау үшін 200.250 °C температура барысында қыздыруға жатады. Құйма магний қорытпаларының беріктендіргіш термиялық өңделуі 380°C (МЛ4) немесе 415°C (МЛ5) температурада шыңдаудан, ауада салқындатудан және одан әрі 15.16 сағат ішінде 175°C температурада тозудан тұрады. Осындай өңдеуден кейін МЛ5 қорытпасы салыстырмалы ұзындық $\delta = 5\%$ кезінде беріктік шегі $\sigma_b = 220$ алынады. Магний қоспалары авиация және радио техника өнеркәсібінде қолданылады.

10.4. Титан қорытпалары

Титан — күмісті-ақ түсті металл, оның қалыңдығы 4,5 г/см³, балқыту температурасы 1668 °C. Титан екі аллотропиялық

модификациясы бар: а-титан және Р-титан. Айналу температурасы $a\epsilon b882^{\circ}\text{C}$. Титан атмосферада, тұщы және теңіз суында, бірқатар қышқылдарда жоғары коррозиялық төзімділікке ие. Титанда жоғары технологиялық қасиеттері жеткілікті, ол жақсы соғылады және пісіріледі.

Титанның қасиеттері тазалыққа қатты байланысты. Газдар — азот және оттегі — титанның беріктігін арттырады, алайда сутегімен қатар иілгішті төмендетеді, яғни оны бұзылуға бейімді қылады. Көміртегі ыстық иілгіштікті, кесумен өңделуді, пісіруге бейімділікті төмендетеді.

Титанға енгізілетін қоспалаушы элементтер олардың (ао Р) айналу температурасына ықпал етуі бойынша екі топқа бөлінеді.

Алюминий, оттегі, азот (ао Р) айналу температурасын көтереді. Оларды а-тұрақтандырғыш деп атайды. Хром, темір, марганец, молибден және ванадий, керісінде Р-тұрақтандырғыштар болып табылады, олар (ао Р) айналу температурасын төмендетеді. Егер таза титанда полиморфты айналу температурасы тұрақты болса, қорытпаларда айналу температуралар интервалында жүреді, яғни титан — қоспалаушы элемент диаграммасында екі фазалық облыс бар. Титан қорытпалар құрылымдық белгісі бойынша үш топқа бөлінеді. а-қорытпалар, b-қорытпалар және (а+Р)-қорытпалар.

Титан а-қорытпалары (титан және алюминий қорытпалары, мысалы ВТ5 қорытпасының құрамы: 4,3 ...6,2 % Al, қалд. Ti) иілгіштігі шағын, оттегіні сіңіруге бейімді емес, сондықтан термиялық өңдеу барысында сынғақ болмайды.

Титан b-қорытпалары (титан, алюминий, ванадий немесе молибден, сондай-ақ хромқорытпалары — ВТ15, ВТ22) анағұрлым иілгіш, алайда беріктігі төменіреу; 700°C жоғары температура кезінде оттегі мен азотты сіңіреді.

Титан (а+b)-қорытпалары (титан, алюминий және ванадий — ВТ6 немесе титан, алюминий және молибден қорытпалары — ВТ8, ВТ14) жақсы соғылады, қалыптамаланады, термиялық өңдеуге беріледі және бір фазалыққа қарағанда едәуір беріктікке ие.

Титан қорытпалары құю, пластикалық түрлендіру барысында технологиялықты, алайда кесумен нашар өңделеді (9.2.6-кіші бөлімді қараңыз).

Механикалық өңдеу, қалыптау және т.б. кезінде туындайтын кернеулерді алып тастау үшін титан қорытпаларынан жасалған бұйымдар 550.620°C температуралар интервалында қыздыруға жатады. Тойтаруды алып тастау үшін қыздыру анағұрлым жоғары температурада 700.800°C орындалады.

Титан қорытпалары жоғары беріктікке 700.1200 МПа ие. Тозуға төзімділікті арттыру үшін қорытпалар 850.950°C температурада азоттандыруға жатады. Азоттандырылған қабаттың қаттылығы 1100.1200HV .

10.5. Баббиттер

Баббиттер — бұл сырғыма мойынтіректерінің ішпектері үшін қолданылатын жеңіл балкитын мойынтірек қорытпалары. Ішпек металы үйкелістің шағын коэффициентіне, жеткілікті тозуға төзімділікке ие және жақсы қосымша өңделеді. Екінші және үшінші талаптар бір-біріне қарама-қайшы, себебі жоғары тозуға төзімділік жоғары қаттылықпен, ал қосымша өңдеу төмен қаттылықпен қамтамасыз етіледі. Осы екі талап құрылымда қатты және жұмсақ фазалар болса, қанағаттандырылады. Осы жағдайда қысқа мерзімден (іске кірістіру) кейін жұмсақ фаза — негіз тозады, ал бетінде тозуға төзімділікті қамтамасыз ететін қатты бөлшектер пайда болады. Бұл ретте білім пен ішпек арасында қуыстар құрылады, олар майлаумен ұсталынады.

Баббиттер ретінде Pb — Sb, Sn — Sb жүйесінің қорытпалары, сондай-ақ мырыш, қоспалаушы алюминий және мыс негізіндегі қорытпалар қолданылады. Pb— Sb жүйесінің қорытпаларында жұмсақ фазаның рөлін қорғасын (оның қаттылығы 3 НВ), ал қатты фазаның рөлін — сүрме (30 НВ) ойнайды. 16.. 18 % сүрмені қамтумен эвтектикадан кейінгі қорытпалар қолданылады. Баббиттердің құрамына кейбір қоспалаушы элементтерде, мысалы мыс кіруі мүмкін. Баббиттер (мырыш негізінде емес) Б әрпімен және реттік нөмірмен немесе қосымша әрппен белгіленеді (мысалы, Б6, БН).

Мырыш қорытпалары ЦАМ әрпітерімен және алюминий мен мыстың қолданылуын қамтитын сандармен белгіленеді, мысалы ЦАМ-10-5 (10% Al, 5% Cu, қалд. Zn).

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Мыс негізіндегі қорытпалардың қайсысы жез деп аталады?
2. Жез қалай белгіленеді? Деформацияланатын және құйма жездердің белгілерін атаңыз.
3. Мыс негізіндегі қорытпалардың қайсысы қола деп аталады?
4. Қола қалай белгіленеді? Қалайы, алюминий және бериллий қолаларының белгілерін атаңыз.
5. Жез бен қоланы қолдану облысын атаңыз.
6. Алюминий қорытпаларының ерекше белгілерін атаңыз.
7. Алюминий қорытпаларының қайсысы деформацияланатын және қайсымы құйма болып табылады.
8. Алюминий қорытпаларының қайсысы термиялық өңдеумен беріктендіріледі? Осы қорытпалар қай әдіспен беріктендіріледі?
9. Алюминий қорытпаларын қолдану аяларын атаңыз.
10. Магний қорытпалары қандай қасиеттерге ие?
11. Титан қорытпаларының белгілерін және қолдану аяларын атаңыз.
12. Баббиттердің белгілерін және қолдану салаларын атаңыз.

ПІСІРУГЕ ЖӘНЕ ДӨНЕКЕРЛЕУГЕ АРНАЛҒАН МАТЕРИАЛДАР

11.1. Пісіруге арналған материалдар

11.1.1. Пісіру

Пісіру — бұл қосылатын дайындамалардың материалы (материалдары) арасында атомаралық байланыстарды орнату есебінен ажырамас қосылыстарды алудың технологиялық процесі. Технологиялық белгісі бойынша *балқытумен* пісіру, бұл ретте пісірілетін дайындамаларға қысым қоса беріледі және *қысыммен* пісіру болып бөлінеді.

Қысыммен пісіру барысында (үйкеліспен, вакуумда диффузиялық, нүктелі пісіру және басқалары) балқыту жүрмейді және арнайы пісіру материалдары қолданылмайды. Осы материалдар балқытумен пісіру кезінде қолданылады.

Өнеркәсіпте балқытумен пісірудің анағұрлым таралған келесідей түрлері бар:

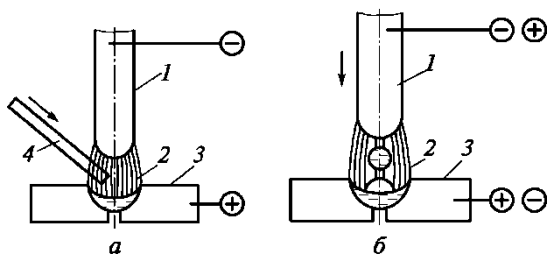
- *электр-доғалы пісіру*, онда металды балқыту 5 000 °C жоғары температурамен электр доғасымен жүзеге асырылады;
- *газбен пісіру*, онда балқыту 3000 °C жоғары температура кезінде газдардың жану жылуы есебінен жүреді;
- *электроқожды пісіру*, онда балқыту сұйық қождың жоғары температурасы (шамамен 2 000 °C) есебінен жүреді.

Осы технологиялар арнайы пісіру материалдарды қолданумен іске асырылады: *еріту материалдары* (металдар), *флюстер* және *сылақтар*. Осы материалдар бірінші кезекте пісіру ваннасын атмосферадан оқшаулау үшін арналған, бұдан басқа олар доғаны тұрақты жануына, белгіленген құрамды және балқытылған металдың қасиеттерін алуға, сондай-ақ тігіс бетінің қалыптасуына әсер етуі мүмкін.

11.1.2. Болатты пісіруге арналған материалдар

Электр пісіруге арналған материалдар. Негізгі еріту материалы болатты пісіру кезінде *арнайы пісіру сымы* болып табылады. Ол электрод ретінде флюспен автоматты электр-доғалы пісіру кезінде қолданылады (электр доға сым және өңделетін дайындама арасында туындайды), онда доға және пісіру тігісі флюспен құрылған тігіске

тұрақты берілетін атмосфердана қорғалған; қолмен пісіру кезінде электродпен балқытылады.



11.1-сурет. Балқытылатын (а) және балқытылмайтын (б) электродпен электродағалы пісіру схемасы:

1 — электрод; 2 — доға; 3 — негізгі металл; 4 — қосымды проволока

еріту материалы ретінде пісіру кезінде балқытылмайтын электродпен (11.1-сурет).

Пісіру сымы бірнеше топтарға бөлінеді:

- төмен көміртекті — Св-08А және басқалары;
- құрамында 2...10 % қоспалаушы элементтері бар қосындыланған — Св-08ГС, Св-18ХМА, Св-10Х5М және басқалары;
- құрамында 10 % астам қоспалаушы элементтері бар жоғары қосындыланған — Св-10Х17Т, Св-06Х19Н10М3Т.

Сымның таңбасында Св әріптері «пісіру» дегенді білдіреді, одан әрі қосындыланған болаттарда сияқты химиялық құрамның белгілері болады. Пісіру сымның ерекшелігі зиянды қоспалар бойынша жоғары тазалығы болып табылады, бұл ыстық жарықтардың құрылуын алдын алады (3.5-кіші бөлімін қараңыз). Пісіру сымның диаметр 0,2-ден 12 мм дейін байламда (оралымда), сондай-ақ автоматты және жартылай автоматты пісіру үшін кассетаға оралған сымдар жеткізіледі. Сымның маркасы пісіру дайындамаларының материалына (әдетте, дайындама мен сымның материалы сәйкес келеді); бұйымның мақсатына: беріктікке, коррозияға төзімділікке қойылатын талаптарға байланысты және т.б. Пісіру сымның 70-тен аса маркасы шығарылады.

Қолмен доғалы пісіру кезінде балқытылатын және балқытылмайтын *электродтар* қолданылады. Балқытылатын электродтар пісіру процесінде балқиды және электродтың металы пісіру тегісіне тиеді (11.1, а-сурет). Балқытылмайтын электродтар дайындама металын және еріту материалын балқытатын электродағасын құру үшін ғана қолданылады (11.1, б-сурет).

Балқытылатын электродтар— бұл арнайы сылақпен жабылған пісіру сымнан жасалған ұзындығы 450 мм болатын металл біліктері. Тұрақтандыратын, қорғауыш және қосындыланған сылақтар болады.

Электродтың металы келесідей металдар мен қорытпаларды пісіру

үшін оның қолданысын анықтайды:

- беріктік шегі $\sigma_b < 600$ МПа болатын көміртекті және төмен қосындыланған конструкциялық болат;
- беріктік шегі $\sigma_b > 600$ МПа болатын қосындыланған конструкциялық болат;
- қосындыланған ыстыққа берік болат пен қорытпалар;
- ерекше қасиеттерімен жоғары қосындыланған болат;
- ерекше қасиеттерімен болат пен қорытпаларды балқымалау.

Бірінші және екінші топтарының электродтары конструкциялық болаттан жасалады. Оларды Э әрпімен және σ_b сәйкес келетін санмен белгіленеді, яғни электрод болатының беріктік шегі Э-38 — 380 МПа. Көрсетілген материалдарды пісіру үшін Э-38-ден Э-150 дейін маркалы электродтар қолданылады.

Қалған топтардың материалдарын пісіру үшін электродтарды белгілеуде металдың химиялы құрамы кіреді, мысалы Э-12Х13, Э-10Х17Т, Э-09Мф және басқалары.

Сылақтан тұратын d_3 жабындының қалыңдығы бойынша электродтар келесідей топтарға бөлінеді:

- М — $D/d_3 < 1,2$ болғанда жұқа жабындымен, мұнда D — электрод диаметрі;
- С — $1,2 < D/d_3 < 1,45$ болғанда, орташа;
- Д — $1,45 < D/d_b < 1,8$ болғанда қалың;
- Г — $D/d_3 > 1,8$ болғанда ерекше қалың.

Жұқа жабындылар тұрақтандырғыш болып табылады, олар бор мен байланыстырушыдан — сұйық шыныдан тұрады. Бордың құрамында болатын кальций иондары оның тұрақтылығына әсер ете отырып, доғаның плазмасында буланады. Доғаның тұрақтандырғышынан басқа орташа және қалың жабындылар тігіс металының қосындысын және оның қорғалуын қамтамасыз етеді. Қорғалу доғаны айналасында қорғаныш газ ортасының құрылуы есебінен қамтамасыз етіледі, бұдан басқа электродтың балқуына қарай сылаққа қож жасалады және тігіс біркелкі жабады. Сонымен қатар, қож тігіс салқындауын баяулатады, бұл жарықтардың пайда болуы ықтималдығын төмендетеді.

Жарықтар бөлінеді:

- қышқыл (А), оларда темір мен марганец оксидтерінен (Fe_2O_3 , MnO), дала шпатынан (SiO_2), ферромарганецтен және өзге де құрамдауыштардан тұратын қож негізі болады; олар құрамында аз оттегі бар көміртекті және төмен қосындыланған болатты пісіру үшін қолданылады;
- негізгі (Б), оның құрамында бар: магнезит (MgCO_2), еріту шпаты (CaF_2), ферросилиций, ферромарганец, ферротитан; олар барлық конструкциялық, соның ішінде жүктелген конструкциялар үшін қолданылатын болатты пісіру үшін пайдаланылады;
- рутил (Р), олардың құрамы: рутил концентраты (TiO_2), дала шпаты (SiO_2), ферромарганец; оларды жүктелген конструкциялар үшін конструкциялық болатты пісіру үшін қолданылады;

• целлюлозалық (Ц), олардың құрамы: целлюлоза және өзге де органикалық заттар, кож жасаушы құрамдауыш ретінде дала шпаты қолданылады; олар құрамында аз көміртегі бар көміртекті және төмен қосындыланған болатты пісіру үшін қолданылады.

Өзге түрлерді жабу П әрпімен белгіленеді, жабындыда 20 % астам темір ұнтағы болған кезде белгілеуле Ж әрпі енгізіледі.

Балқытылмайтын электродтар доғаның қозуы және жануын қолдау үшін ғана арналған. Олардың ішінен анағұрлым таралған вольфрам, көміртекті және графит электродтары. Таза вольфрамнан (ЭВ маркалы) электродтардан басқа, сирек жер металдар оксидтерінің: торий (ЭВТ), лантан (ЭВЛ) оксидтерінің 1,5...3,0 % қоспаларымен вольфрамнан электродтар қолданылады.

Вольфрам электродтар диаметрлерінің диапазоны — 0,2.12,0 мм; көмір және графит — 4.18 мм. Графитті электродтар көмір электродтарына қарағанда қасиеттері жақсырақ; аса жоғары электр өткізгіштігі, қышқылдануға қарсы тұрақтылығы.

Пісіру сымы мен электродтардан басқа, еріту материалы ретінде электродтардың сылағы рөлін ойнайтын ұнтақ тәріздес толтырғышпен толтырылған *қуыс ұнтақ сым* (ҚС) және *лента* (ҚЛ) қолданылады: металл мен доғаны қорғау, тігіс материалын қосындылау. Сым мен лентаның металы — төмен көміртекті болат.

Пісіру флюстары пісіру аймағын атмосферадан ғана оқшауламай, флюстің құрамына қарай тігіс металын қосындылауды, сондай-ақ түрлі құрамы мен қасиеттері бар кож қабықшаны құра отырып, тігістің бетін қалыптастыруды жүзеге асырады.

Жасалу тәсілі бойынша флюстер *балқытылатын және балқытылмайтын (керамикалық)* болып бөлінеді. Алғашқылар электр пештерде құрамдауыштарды балқытумен, екіншілері — ұнтақ металлургия технологиясы бойынша алынады.

Балқытылған флюстардың артықшылықтары олардың аз құнында және технологиялылығында негізделеді: пісіру тігісін жақсырақ қалыптастыру; кож қабықшасын жеңіл бөліп алу — кождар қалғып шығады және қабықты құра отырып, тігісті жабады. Керамикалық флюстердің артықшылығы флюс арқылы анағұрлым кең шектерде металл тігісті қосындылауды жүзеге асыратындықтан тұрады.

Мақсаты бойынша флюстер екі топқа бөлінеді: пісіру үшін төмен көміртекті және төмен қосындыланған болат, қосындыланған және жоғары қосындыланған болат.

Бірінші топ флюстерінің негізгі функциясы — тігістің тотықсыздану, ол үшін балқытылған жоғары кремний марганец флюстері қолданылады, себеі кремний және марганец — ашытқыштар, олар темірді және оның оксидтерін қалпына келтіреді (6.1-кіші бөлімді қараңыз). Флюстер марганец кенін, кремнеземді, еріту шпатын балқытумен жасалады.

Флюстер қосындыланған және жоғары қосындыланған болаттарды пісіру үшін тігісте қоспалаушы элементтердің ең аз қышқылдануын қамтамасыз етуі қажет. Ол үшін балқытылған және керамикалық төмен

кремний, кремний жок және фторидті флюстер қолданылады. Балқытылған флюстер еріту шпатынан, алюмосиликат және алюминаттардан жасалады. Керамикалық флюстер мәрмәрдан, еріту шпатынан сілтілі-топырақ металдардың хлоридтерінен тұрады; оларға қатты ашытқыштардың (кремний, титан, алюминий) ферроқорытпалары кіреді, бұдан басқа қажет болған жағдайда — қоспауыш элементтердің ферроқорытпалары және таза металдар. Керамикалық флюстер ұнтақты құрамдауыштардан жасалады, байланыстырушы ретінде сұйық шыны қолданылады. Алынған қоспадан түйіршік алынады, олар одан кейін қыздырылады.

Қорғаныш газдар— бейтарап (аргон, гелий) және көмірқышқыл (CO_2) газдар жабындымен электродтарға және флюстерге қарағанда ауа оттегісінен үздік қорғанышты қамтамасыз етеді. Газдар арнайы шүмек арқылы пісіру аймағына беріледі.

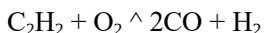
Көмірқышқыл газ ортасында көміртекті болаттан жасалған дайындамалардың пісірмесін, сондай-ақ осы болаттан жасалған конструкцияларда ақаулықтардың жабылуын жүргізеді. Осындай пісіру кезінде темір оксидтері құрылады, сондықтан ашытқыштардың (марганец және кремний) жоғарылатылған санымен пісіру самын қолдану керек.

Инертті газдардың немесе олардың қоспаларының ортасындағы пісіру химиялық белсенділігі жоғары металдар мен қорытпалар үшін қолданылады: титан, алюминий, магний, сондай-ақ жез, коррозияға төзімді болат.

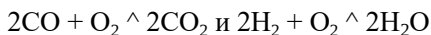
Газбен пісіруге арналған материалдар. Ыстық газдар ретінде ацетилен, сутегі және басқа газдар қолданылады. Өнеркәсіптер кеңінен *ацетилендік пісіру* қолданылады. Ацетилен оның сумен реакциясы кезінде кальций карбидінен алынады:



Жану келесідей реакцияларға сәйкес жүреді:



және бұдан әрі:



Ацетилен мен оттегінің тең сандары кезінде жалын қалпына келтірілетін болып табылады, осындай режим болаттарды пісіру үшін қолданылады. Ацетилені артық жалын көміртектендіргіш, ал артық оттегімен — ашытқыш болады, осындай режимдер шойындар мен кейбір түсті металдарды пісіру үшін қолданылады.

Электрқожды пісіруге арналған материалдар. Осындай пісіру кезінде сұйық қождың жоғары температурасы есебінен *доғасыз қыздыру* жүзеге асырылады. Еріту шпатынан CaF_2 , глиноземнен Al_2O_3 , кальций оксидінен CaO және кішігірім қоспалардан тұратын қож жоғары электрге қарсы тұра алады. Одан электр тогы өткен кезде балқытылған қож жоғары температураға дейін қыздырылады. Бұл

ретте пісіру сымы балқытылады және пісірілетін дайындамалардың жиектері қорытылады. Пісіру металы пісіру тігісін құра отырып, пісіру ваннасын қапталады. Электрқожды пісіру барысында пісіру тігісінің сенімді қорғанысы қамтамасыз етіледі.

Электрқожды пісірудің доға және газбен пісіруге қарағанда негізгі ерекшелігі пісіру дайындаманың бар кесігін бойынша біруақтылы жүруі болып табылады. Бұл қалыңдығы үлкен дайындамаларды пісіруге мүмкіндік береді (400...500 мм дейін).

11.1.3. Пісіру конструкциялары

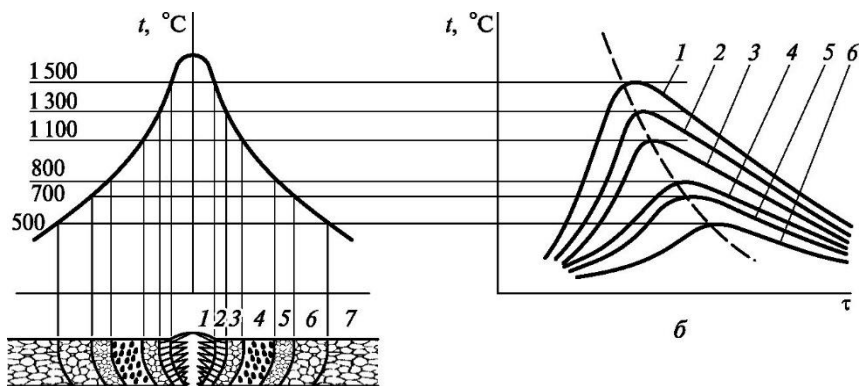
Болат. Өнеркәсіпте кеңінен *пісіру конструкциялары* қолданылады: көпірлердің фермалары, көтергіш крандар, түрлі каркастар, корпустық бұйымдар және т.б. Оларды жасау үшін пісіру барысында ыстық және суық жарықтардың туындауына бейімділігімен бағаланатын жақсы пісірімділігімен болатты қолдану қажет. Ыстық жарықтар тігістің өзінде оны кристалдандыру, металл жартылай қатты күйінде болған (кристалдар + сұйықтық) сәтінде туындайды және аз беріктікке ие. Көміртеқ кристалдандыру интервалын кеңейтеді және осымен ыстық жарықтардың құрылуына әсер етеді (3.2-кіші бөлімін қараңыз). Көміртегі болаттың шынығушылығын (5.2-кіші бөлімін қараңыз), осылайша мартенсит айналымы (3.2-кіші бөлімін қараңыз) нәтижесінде туындайтын суық жарықтардың құрылуына бейімділігін арттырады.

Сондықтан пісіру конструкциялары үшін болатта көміртегіні қамту 0,22.0,25 % аспайды. Құрамында көміртегі аз көміртекті болатта механикалық қасиеттері жоғары емес ($\sigma_t < 240$ МПа). Қосындыланған болатта аққыштықтық үлкен шегі болады. Марганецпен және кремниймен қосындыланған болатты қолданған анағұрлым тиімді, себебі осы элементтер ферритті едәуір тиімді нығайтады (6.2, а-суретті қараңыз), бұдан басқа, олар тапшылық және қымбат болып табылмайды.

Өнеркәсіпте кеңінен келесідей болат қолданылады: 19Г, 09Г2, 14Г2, 16ГС, 15ГФ және 15ХСНД. Көміртекті болаттардың орнына төмен қосындыланған болатты қолдану аққыштық шегін 350.400 МПа дейін арттыруға мүмкіндік береді, осылайша пісіру конструкцияларының металл қажетсінуін 15.30 % төмендетеді.

Пісіру қосылыстарының құрылымы. Пісіру тегісінің және жылу әсерді көретін (жылу әсер аймағы — ЖӨА) оған іргелес аймақтың құрылымы дайындамалардың негізгі металының құрылымынан ерекшеленеді. Пісіру қосылыстарының құрылымын төмен көміртекті болаттың (11.2-сурет) үлгісінде қарастырайық.

Пісіру қосылыстарының түрлі учаскелері құрылымының құрылуы (11.2, а-сурет) термиялық циклдарымен, яғни осы учаскелердің уақыш ішінде температураның өзгеруімен анықталады (11.2, б-сурет).



11.2-сурет. Құрылым(а), пісіру тігісінің термиялық циклдары(б) және жылу әсер аймағы:

1 — пісіру тігісі (балқытылған металдың аймағы); 2 — ішінара балқу аймағы; 3 — негізгі металды қайта ыыздыру аймағы; 4 — қайта кристалдандыру аймағы; 5 — толық емес қайта кристалдандыру аймағы; 6 — ықтимал қайта кристалдандыру аймағы; 7 — ЖЭА негізгі металға өту аймағы

1-учаске — *пісіру тігісі*, мұнда металдың температурасы ликвидус сызығынан жоғары (11.2, а-суретті қараңыз) — бұл *балқытылған металл аймағы*. Металл қатайғаннан кейін қатты бағаналы кристалдардан тұратын құю құрылымына ие болады. Осы аймақтың металы үшін төмен беріктік және төмен иілгіштік тән.

Пісіру тігісіне ЖЭА шектеседі, оның ені пісіру тәсіліне қарай 6...25 мм интервалында өзгереді. Пісіру тігісінен алып тастауына қарай температура төмендейді, сондықтан ЖЭА түрлі учаскелерінде түрлі құрылымы болады.

2-учаске — *ішінара балқу аймағы*, онда металдың температурасы ликвидус сызығынан төмен, алайла солидус сызығынан жоғары. Металдың құрылымы аса ірі дәнмен сипатталады, бұдан басқа ол учаске үшін қоспалардың жоғарылатылған концентрация тән. Металдың беріктігі өте төмен — бұл пісіру қосылыстарының ең осал жері.

3-учаске — бұл *негізгі металдың едәуір қыздыру аймағы* (температурасы 1100.1300 $^{\circ}\text{C}$), ірі дәнмен және нәтижесінде төмендетілген иілгіштіумен және жабысқақтықпен сипатталады.

4-учаске — 800.1100 $^{\circ}\text{C}$ температурамен қайта кристалдандыру аймағы. Осы температуралардан төмен көміртекті болатты қалыптастыру орындалады. Осы аймақтың металы қайта кристалдандыруды (а о у)-айналымға ұшырайды, бұл негізгі метал дөнінің ұсақталуын айқындайды. Осы аймақ жоғарылатылған беріктік пен иілгіштікке ие.

5-учаске —*толық емес қайта кристалдандыру* аймағы (температурасы 700... 800 °С), біркелкі емес құрылыспен — ұсақ және ірі дәндердің болуымен сипатталады. Металдың механикалық қасиеттері 4-учаскеге қайта кристалдандыруға қарағанда төменірек.

6-учаске (температурасы 500.700°С) — осы температура кезінде қайта кристалдандыратын қыздыру орындалады (2.7-кіші бөлімін қараңыз). Егер болаи суық пластикалық өзгеріске ұшыраса, осы аймақ металының осалдануы жүреді.

7-учаске —*ЖӨП негізгі металға өту аймағы*(температурасы 500 °С төмен, яғни A_{c1} төмен). Тозу және иілгіштікті төмендету процестерінің өтуі мүмкін.

ЖӨА нақты учаскелерінің құрылымы қарастылғандандар ерекшеленеді. Осылайша, мысалы, A_{c3} жоғары температурамен аймақтарда көміртекті емес қосындыланған болат мартенсит құрылымын, ал A_{c1} — A_{c3} интервалында температурамен аймағында — мартенсит, бейнит және феррит құрылымын алады.

Пісіру бұйымдарын термиялық өңдеу. Болатта жүретін фазалық айналымдар ЖӨА қалдық пісіру кернеулерінің туындауын негіздейді. Бұдан басқа, осы аймақтың кейбір учаскелері ірі дәнді құрылыспен сипатталады. Осылайша, пісіру дайындамалардың термиялық өңдеу мақсаты — қалдық кернеулердің төмендеуі немесе тозуы және ЖӨА металдың қасиеттерінің құрылымын жақсарту.

Бірінші міндет 620.700 °С температура кезінде босату жолымен шешіледі. Құрылымды жақсарту үшін қалыптандыруды жүргізеді (эвтектоидқа дейінгі болат үшін — A_{c3} жоғары қыздыру, одан әрі ауада салқындату). Кез келген термиялық өңдеуді қолдану болаттың маркасына, бұйымның конструкциясына, оның мақсатына байланысты. Пайдалану кезінде жүктемелерді көрмейтін шағын габаритті бұйымдар үшін термиялық өңдеу міндетті емес.

11.1.4. Шойын мен түсті металдарды пісіруге арналған материалдар

Шойынды пісіру. *Шойынды* газбен пісіру кезінде еріту материалы ретінде диаметрі 6. 12 мм шойын өзектері қолданылады. Шыбықшалардың химиялық құрамы: 3,0.3,6% С; 3,0...3,5% Si; 0,5...0,8 % Mn; 0,08 % S; 0,2.0,5 % P; қалдық Fe. Бураның ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) және кальций қосылған тұздың тең үлестерінен тұратын флюстер ұнтаққа қыздырылған шыбықшамен батқызып салынады, бұдан басқа кезеңмен пісіру ваннасына салынады. Пісіру көміртектендіргіш жалынмен жүргізіледі. Бұл пісіру кезінде көміртектің жануын орнын толтырады.

Электр-доғалы пісіру жөндеу жұмыстары барысында орындалады. Доғаны тұрақтандыру үшін борлы жабындымен болат электродтары

қолданылады.

Түсті металдарды пісіру. Мыс және қорытпаларды пісіру үшін оның негізінде газбен және доғалы; алюминий және оның қорытпалары үшін — доғалы пісіру қолданылады.

Газбен пісіру кезінде *мыс пен мыс қорытпалары* еріту материалдары ретінде мыс үшін таза мыс; латунь мен қола үшін — құрамында ашытқыштары бар (кремний және фосфор) осыған жақын құрамдалатунь немесе қола қолданылады.

Флюс осы материалдар үшін — тең үлестерде бураның және бор қышқылының (H_3BO_3) қоспасы. Латуньдерді пісіру барысында цинктің жануын алдын алатын оксидті қабықшаны алу үшін ашытқыш жалын; мыс мен қоланы пісіру кезінде — бейтарап жалын қолданылады.

Электр-доғалы пісіру барысында балқытылмайтын (графит) және балқытылатын электродтар қолданылады. Балқытылмайтын металл ретінде қоланы пісіру барысында $BrOF_9-0,3$ немесе $BrKMц3-1$ маркалы қолалар қолданылады; флюс — бураның (94...96 %) және металл магний (6...4%) қоспасы. Латуньдерді пісіру кезінде балқытылатын материал — ЛК80-3 және ЛК62-0,5 латуньдер; флюс — калий хлоридінің (50 %); криолит (35 %); натрий хлориді (12,5 %); ағаш көмірінің (2,5 %) қоспасы.

Алюминийді пісіру кезінде балқытылмайтын (графит) және балқытылатын электродтар қолданылады. Еріту материалы ретінде АК5 (95 % Al, 5 % Cu) қоспасы қолданылады; флюстің құрамы: 28 % NaCl; 50 % KCl; 14 % LiCl; 8 % NaFCl.

11.2. Металдарды дәнекерлеуге арналған материалдар

11.2.1. Металдарды дәнекерлеу

Дәнекерлеу — бұл дәнекердің көмегімен материалдардың қосылысы, ол сұйық күйінде бола тұра, қосылатын материалдарды жұмсартады, одан әрі кристалдандыру (қатаю) нәтижесінде ажырамас қосылысты құрайды. Дәнекерлеу барысында қосылатын материалдарды қыздыру температурасы оларды балқыту температурасынан төмен, яғни олар қатты күйінде болады (пісіруден қарағанда).

Металдарды дәнекерлеу кезінде қолданылатын негізгі материалдар — бұл дәнекерлер, қосалқы материалдар — флюстер.

Дәнекер — бұл дәнекерлеу материалдарға қарағанда балқыту температурасы төмен дәнекерлеу немесе қалайылау үшін материал.

Флюстер дәнекерлеу процесінде қосылатын металдар мен дәнекерлерді қышқылданудан қорғайды, олар құрылатын дәнекерлеу қосылысының құрамына кірмейді.

Дәнекерлер және флюстер қосылатын материалдарға қатынасы бойынша дымқыл тартқыштыққа, яғни шының бетінде сынап сияқты

тамшы түрінде жиналмай металдың бетінде ағу қабілетіне ие болуы тиіс.

Дымқыл тартқыштық дымқылданудың аймақтық бұрыштарына тән.



11.3-сурет. Металды дәнекермен дымқылдату:

a — дәнекер металды дымқылдатады ($0 < 90^\circ$); *б* — дәнекер металды дымқылдатпайды ($0 > 90^\circ$)

Бұл негізгі металдың тегістіктері арасындағы θ бұрышы, онда сұйықтық тамшысы және тамшыға қатысты негізгі металл тегістігімен байланысы (11.3-сурет). $0 > 90^\circ$ кезінде дымқылдату жүреді, ал $180^\circ \gg 0 > 90^\circ$ кезінде дымқылдату болмайды.

Төмен және жоғары температуралық дәнекерлеу болады, олар арасындағы шектік температура — 450°C . Осындай бөліну материалдар мен технологиялық жабдық төмен және жоғары температуралық дәнекерлеу үшін әр түрлі болуымен негізделген.

11.2.1. Дәнекерлер

Жалпы мәліметтер. Дәнекердің маңызды сипаттамасы $1_{\text{балқ}}$ балқыту температурасы болып табылады. Осы белгі бойынша келесідей түрлерге бөлінеді:

Дәнекерлердің түрлері	Балқыту температурасы, $^\circ\text{C}$
Ерекше жеңіл балқитын	$1_{\text{балқ}} < 145$
Жеңіл балқитын	$145 < 1_{\text{балқ}} < 450$
Орташа балқитын.....	$450 < 1_{\text{балқ}} < 1100$
Жоғары балқитын	$1100 < 1_{\text{балқ}} < 1850$
Қиын балқитын	$1_{\text{балқ}} > 1850$

Ерекше жеңіл балқитын және жеңіл балқитын дәнекерлер. Сегіз ерекше жеңіл балқитын металл: сынап ($t_{пл} = 38,87\text{ }^{\circ}\text{C}$), галлий ($t_{балқ} = 29,78\text{ }^{\circ}\text{C}$), индий ($t_{балқ} = 156,4\text{ }^{\circ}\text{C}$), қалайы ($t_{балқ} = 231,9\text{ }^{\circ}\text{C}$), висмут ($t_{балқ} = 271,3\text{ }^{\circ}\text{C}$), қорғасын ($t_{балқ} = 327\text{ }^{\circ}\text{C}$), кадмий ($t_{балқ} = 321\text{ }^{\circ}\text{C}$), мырыш ($t_{балқ} = 419\text{ }^{\circ}\text{C}$) — $39...145^{\circ}\text{C}$ және $145...450\text{ }^{\circ}\text{C}$ температуралар интервалында дәнекерлердің анағұрлым үлкен санын алуға мүмкіндік береді.

$39.145\text{ }^{\circ}\text{C}$ ликвидус температурасымен ерекше жеңіл балқитын дәнекерлер дәнекерлеуге ұшырамайтын, алайда қыздыруды көтеретін балқитын металдың немесе бұйымдардың қатты қыздырылуы қауіпті болған жағдайларда қолданылады.

Галлий дәнекерлері. Галлийді балқытудың төмен температурасы және жақсы жұмсарту қабілетін көптеген дәнекерлердің негізгі құрамдауышы ретінде оның қолданысын айқындады.

Галлий дәнекерлерінің қоспауыш элементтері ретінде магний, титан, никель, мыс, сондай-ақ асыл металдар: алтын мен күміс қолданылады. Осылайша, Г7 дәнекерінің құрамы: 16,6% In, 7,2% Sn, 22% Cu, 4% Ag, қалдықGa; Г17 дәнекерінің құрамы: 13,8 % In, 6,0% Sn, 50% Ag, қалдықGa.

$400\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурасынан жоғары ауада қыздыру кезінде галлий дәнекерлері интенсивті қышқылданады және күңгірт ұнтақ тәріздес массаға айналады. Сондықтан анағұрлым жоғары температураларда дәнекерлеуді вакуумда жүргізу қажет.

Висмуті бар дәнекерлер. Дәнекерлер ретінде таза висмутті емес, оның негізіндегі қоспалар қолданылады, олар қоспауыш элементтерді енгізеді: қорғасын, қалайы, кадмий және басқалары (11.1-кесте). Висмуті бар типтік дәнекер баршаға мәлім Вуд қорытпасы болып табылады.

Висмутқа бай дәнекерлер үшін сұйық күйінен қатты күйге көшу, сондай-ақ қатқаннан кейін суыту барысында көлемнің ұлғаюы тән. Бұл ағып кетулердің болмауын қамтамасыз етеді, сондықтан олар сұйықтарға арналған сыйымдылықтарды жасау барысында қолданылады. Висмуті бар дәнекерлер болатты нашар дымқылдатады, олар мысты дәнекерлеу үшін қолданылады.

Индий дәнекерлері. Индийді қоспағанда, осы дәнекерлер қалайыны, қорғасынды, сондай-ақ күмісті қамти алады. Металл және металл емес материалдарға қатынасы бойынша индийдің жоғары сулаушы қабілеттілігі арқасында дәнекерлер жартылай өткізгіштіктерді, шыныны, пластмассаларды дәнекерлеу үшін қолданылады.

Осылайша, электрондық өнеркәсіпте құрамында 5 % күмісі бар дәнекер қолданылады. Құрамында 45 % Sn, 26 % Pb, қалдық In бар дәнекерлерде электрге қарсы тұруы төмен, сондықтан оны ЭВМ монтаждау, баспа платасын дәнекерлеу барысында қолданылады.

Қалайы және қалайы-қорғасын дәнекерлері. Қалайы және қорытпаларының ликвидус температурасы оның негізінде $145...250\text{ }^{\circ}\text{C}$ шегінде болады. Бұл жеңіл балқитын дәнекерлер. Қалайы дәнекерлерінің қасиеттері қалайының көп пішінділігімен айқындалады.

13,2 °С температура кезінде тетрогонал кристал торы бар қалыңдығы 7,28 г/см³ болатын ақ қалайы

11.1-кесте

Құрамында жоғары висмуті бар дәнекерлер

Дәнекер	Химиялық құрамы, % мас.				Балқыту температурасы, °С
	Bi	Pb	Sn	Cd	
Вуд қорытпасы	50	25	12,5	12,5	60,5
Розе қорытпасы	50	25	25	—	94
Д'Арсенваль қорытпасы	45,3	45,1	9,6	—	79
Липовиц қорытпасы	50	26,67	13,33	10	—
ПОСВ33	33,3	33,4	33,3	—	130

11.2-кесте

Жеңіл балқитын дәнекерлердің физика-механикалық қасиеттері

Дәнекер	Үзілу кедергісі, МПа	Температура, °С		Қалыңдығы, г/см ³	р, мОм■ м
		солидус	ликвидус		
ПОС-61	42	183	190	8,5	0,139
ПОСК50-18	39	142	145	8,8	0,139
ПОС40	37	183	238	9,3	0,159

Ескерту. р — үлестік электр кедергісі.

текше тормен қалыңдығы $5,82 \text{ г/см}^3$ сұр қалайыға айналады. Бұл айналу жылудың бөлінуімен, көлемнің анағұрлым өзгеруімен жүреді, бұл бұзылуға және сұр ұнтаққа (қалайы обасы) айналуын тудырады.

Қалайы-қорғасын дәнекерлерде қалайы обасы байқалмайды. Осы дәнекерлердің қайта кристалдандыру температурасы 20°C жақын. Бұл дәнекерлер нықталып жабыспайтынын білдіреді, яғни жүктемемен сырғыштық пайда болуы мүмкін, сондықтан оларды механикалық жүктемелерді көрмейтін қосылыстар, мысалы электрондық техниканы дәнекерлеу үшін қолданылады. Дәнекерлердің қасиеттері 11.2-кестеде келтірілген.

Қорғасын дәнекерлері. Бұл $276 \dots 380^\circ\text{C}$ ликвидус температурасымен жеңіл балқитын дәнекерлер. Таза қорғасын көптеген металдарды дәнекерлеу үшін жарамды: мыс, темір, никель, кобальт және олардың негізіндегі қорытпалар. Алайда, қорғасын бөлмелік температура кезінде ($T_p = -33^\circ\text{C}$) сырғыштыққа бейім. Қорғасын дәнекерін сүрмемен, күміспен, мырышпен, кадмиймен қосындылау сырғыштықтың алдын алу ғана емес, сондай-ақ дәнекердің беріктігін арттыруға мүмкіндік береді.

Жеңіл балқитын дәнекерлер қорғасын және кадмий негізінде алюминий қорытпаларының дәнекерлерген қосылыстарының коррозияға жоғарылатылған беріктігін қамтамасыз етеді.

Шыныны металмен дәнекерлеу үшін сүрмемен және мырышпен (5 % Sb, 3 % Zn) қосындыланған қорғасын дәнекерлері қолданылады. Дәнекер мен шынының сызықтық кеңеюдің температуралық коэффициенттері мәндері бойынша жақын.

Кадмий дәнекерлері. Кадмий дәнекерлері жеңіл балқитындарға жатады (285.380°C ликвидус температурасы). Кадмий дәнекерлердің негізгі қоспалаушы құрамдауыштары күміс пен мырыш болып табылады (11.3-кесте). Осы дәнекерлердің беріктік шегі қорғасын және қалайы — $\sigma_b > 110.200 \text{ МПа}$ негізіндегі дәнекерлерге қарағанда жоғары.

K1, K3, ПСр3Кд дәнекерлері 250°C температураға дейін мыс дәнекерленген қосылыстардың жылуға төзімділігін қамтамасыз етеді, ПСр8КЦН дәнекері — 300°C дейін. Cd — 5 % Ag дәнекері алюминий матрицасымен композиттерді дәнекерлеу үшін қолданады.

Дәнекер	Дәнекердің құрамы, %				Температура, °С	
	Cd	Ag	Zn	Басқа элементтер	ликвидус	солидус
K1	96,7.94,8	2,5... 3,5	0... 8	—	325	300
K3	97,45.96,45	2,5.3,5	—	0,05 Mg	330	320
ПСр3Кд	97.95	2,3... 3,5	0,5... 1,5	0,05.0,1 Mg	325	—
ПСр8КЦН	84	8	6	2 Ni	380	330

Кішігірім кедергісі бар Cd— 25 % Sn дәнекері баспа платаларын дәнекерлеу үшін қолданылады.

Мырыш дәнекерлері. Мырышты балқыту температурасы басқа жеңіл балқитын металдарға қарағанда жоғары (419 °С). Мырыш төмен иілгіштікке және беріктікке, балқытудың жоғары температурасына байланысты саңылауға жайылу нашар қабілеттілігіне ие. Мырыш дәнекерлері балқыту температурасын төмендету және беріктік пен иілгіштікті арттыру үшін алюминиймен, кадмиймен, мыспен дәнекерленеді. Zn— Sn дәнекерлерінің барынша беріктігіне құрамында 20...30 % қалайы болған кезде қол жеткізіледі. Zn — 7 % Cu дәнекері аса жоғары иілгіштікке ие, ол қалыңдығы 100 мкм болатын фольгаға илемделеді.

Мырыш дәнекерлері коррозияға тұрақтылықты және дәнекерленген қосылыстарының жеткілікті жоғары беріктігін қамтамасыз ете отырып, алюминий қорытпаларын дәнекерлеу үшін қолданылады. Кадмиймен мырыш дәнекерлері мырышталған темірді дәнекерлеу үшін қолданылады.

Орташа балқитын және жоғары балқитын дәнекерлер. Осы дәнекерлер пайдалану кезінде бұйым жеңіл балқитын дәнекерлердің температурасынан асып түсетін температураға дейін қыздыруға болатын жағдайларда қолданылады, бұдан басқа осы дәнекерлердің беріктігі жеңіл балқитындарға қарағанда анағұрлым жоғары.

Алюминий дәнекерлері орташа балқитындарға жатады (балқыту температурасы 440.590 °С). Анағұрлым кең қолданысын силумин алды, 577 °С балқыту температурасымен кремнийдің 11,7 % қамтитын эвтектикалық құрамының Al — Si жүйесінің қорытпасы (10.2-кіші бөлімін қараңыз) және оның негізіндегі қорытпалар. Осы дәнекерлер жақсы сұйық аққыштыққа және коррозияға төзімділікке ие. Алюминий дәнекерлері магниймен, мырышпен, мыспен, марганецпен және басқалармен қосындылауы мүмкін.

Күміс дәнекерлері. Дәнекерлер ретінде мыспен, қалайымен және басқа қоспалаушы элементтермен күмістің қорытпалары қолданылады.

780.950 °С балқыту температурасымен күміс — мыс жүйесінің қорытпалары (11.4-кесте) жоғары иілгіштікке ие, төмен үлестік электр кедергісімен ерекшеленеді, вакуумдық тығыздықты қамтамасыз етеді,

сондықтан оларды вакуумдық аппаратураны дәнекерлеу үшін қолданады.

Күміс — мыс жүйесі дәнекерлерінің құрамы және қасиеттері

Дәнекер	Құрамы, %		Температура, °С		Тығызды- лығы, г/см ³
	Ag	Cu	ликвидус	дәнекерлеу	
ПСр92	92,5	7,3 (0,2 % Li)	890	900.930	9,9
ПСр72	72	28	778	800.800	9,9
ПСр71	67	33	645	825.840	9,8
ПСр50	50	50	850	850.950	9,3

Құрамында күмістің 72 %, мыстың 28 % бар дәнекерлер жоғары жылу өткізгіштікке ие; ол түрлі жылу өткізгіштігі бар әрқелкі металдарды қосу үшін, сондай-ақ үлкен алақалындылықпен бұйымдарды қосу үшін қолданылады. Мырышпен қосындыланған Ag—Cu жүйесі дәнекерлерінің беріктігі 300 МПа дейін жетеді.

Қалайымен қосындыланған күміс — мыс жүйесінің дәнекерлерінде 690... 800 °С балқыту температурасы төмендетілген және құрамында H₂S, SO₄ бар атмосферада, сондай-ақ теңіз суында коррозияға беріктікке ие.

11.2.2. Флюстер

Металдың ортамен, сондай-ақ түрлі майлармен, бояулармен және басқалармен өзара іс-әрекет кезінде оның бетінде сорбин қабаттары, оксидтері құрылады. Олар дәнекермен жаман немесе тіпті суланбайды, сондықтан дәнекерленетін беттен алынып тасталуы керек. Бұдан басқа, қыздыру кезінде тазартылған беттен қышқылданады. *Флюстер* дәнекерлеу алдында бетті тазалау және дәнекерлеу кезінде оны қорғау үшін қызмет етеді.

Флюсті балқыту температурасы дәнекерді балқыту температурасынан төмен 100.150 °С болуы тиіс. Флюс дәнекерде ерімей, ол химиялық қосылыстармен құрымауы тиіс. Температура бойынша төмен температуралы және жоғары температуралы дәнекерлер үшін флюстер болып бөлінеді, оларды қолдану температурасы тиісінше 450 °С төмен және жоғары.

Металдардың бетінен қабықшаны жою үшін (оның еруі) флюстер химиялық белсенділігіне ие болуы тиіс.

Болатты, мысты және оның қорытпаларын *төмен температуралық дәнекерлеу* үшін флюс ретінде канифоль қолданылады. Канифольдің негізгі құрамдас бөлігі 173 °С кезінде балкитын C₂₀H₃₀O₂ абиетин қышқылы болып табылады. Балқытылған канифоль оксидтерді ерітеді, бетті тазартады, сондай-ақ коррозиядан дәнекерленген тігісті қорғайды. Канифоль негізінде бірқатар флюстер әзірленді: КЭ (30 % канифоль, 70

% этил спирті), ЛК2 (1 % аммоний хлориді, 3 % мырыш хлориді, 30 % канифоль, 66 % этил спирті) және басқалары. Алюминийді төмен температуралық дәнекерлеу үшін фторид-борат флюстері қолданылады (Ф59А, Ф61А).

Мыс қорытпаларын және болатты жоғары температуралық дәнекерлеу үшін $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ бура, H_3BO_3 бор қышқылы қолданылады. Алюминийді жоғары температуралық дәнекерлеу үшін фторид қоспаларымен калий хлоридін, натрийді, литийді, мырышты қамтитын флюстер қолданылады. Мысалы, Ф34А флюсінің құрамы: 54...56% KCl; 29.30% LiCl; 8.12% ZnCl_2 ; 9.11% NaF.

11.2.3. Дәнекерленген бұйымдарды термиялық өңдеу

Дәнекерленген бұйымдарды шыңдау қажеттілігі кезінде балқыту температурасы болатты шыңдау температурасынан жоғары болатын дәнекерді таңдау қажет.

Дәнекерленген бұйымды — дәнекерленген қатты қорытпалы пластиналарымен кескіш құралды шыңдаудың типтік жағдайын қарастырайық. Құралды шыңдау дәнекерлеумен бірлесуі мүмкін. Құрал болатты шыңдау температурасына дейін салқындатылады, ал одан әрі мартенсит құрылымын алу үшін тиісті ортада суытылады, бұл ретте қатты қорытпадағы қалдық кернеу — теріс (қысу).45 және 50 болаттан корпустарымен құрал суда, 40Х, 9ХС, 35ХГСА болаттан — майды суытылады. 5ХН, 18Х2Н4ВА, 20ХГНМ болат ауада салқындатып шыңдайды (ауада шыңдалатын болат), алайда үлкен кесіктердің корпусын (40.50 мм жоғары) жылытылған майда суытады.

Егер қыздыру қыздырылатын (пештер) және салқындатқыш жабдықты қамтитын агрегаттарда жүзеге асырылған жағдайда, барлық корпусты шыңдау жүзеге асырылады. Осындай технология жаппай өндіріс үшін тән. Өнеркәсіпте аса таралған ТВЧ құрылғыларында дәнекерлеу барысында барлық корпусты шыңдау жүрмейді. Қатты қорытпалы пластина орнатылатын кондыру ұясы және оған іргелес аймақ ғана шыңдалады. Барлық корпусты беріктендіру қажет болса, құралдың шыңдалуы дәнекерлеуден кейін жүзеге асырылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Сіз балқытумен пісірудің қандай түрлерін білесіз?
2. Электр-доғалы, газбен және электрқожды пісірудің ерекшеліктерін атаңыз.
3. Еріту материалы дегеніміз не?

4. Пісіру сымы, электродтар дегеніміз не?
5. Электродтар мен флюстерді майлау не үшін қолданылады?
6. Жылу әсер аймағы дегеніміз не? Металдың құрылымы жылу әсер аймағында қалайша өзгереді?
7. Пісіру бұйымдары қандай термиялық өңдеуге ұшырайды?
8. Шойынды және түсті металдарды пісіру кезінде қандай еріту материалдары қолданылады?
9. Дәнекерлеу дегеніміз не? Дәнекерлеу кезіндегі негізгі және қосымша материалдарды атаңыз.
10. Дәнекерлеу кезінде флюстер не үшін қолданылады?
11. Дәнекерлер мен флюстер қолдану температурасына қарай қалай бөлінеді?
12. Шындаумен дәнекерлеуден кейін беріктендірілетін бұйымдар үшін қандай дәнекер таңдап алынады?

МЕТАЛЛ ЕМЕС МАТЕРИАЛДАР

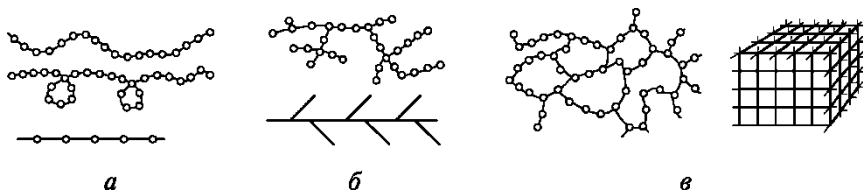
12.1. Полимерлер негізіндегі материалдар

12.1.1. Полимерлердің құрылысы және қасиеттері

Жалпы мәліметтер. *Полимерлер* — $10^5 \dots 10^7$ м.а.б. ең үлкен молекулярлық массасы бар жоғары молекулярлық заттар. Полимерлердің негізгі құрылымы — *макромолекулалар*, олар бірнеше рет қайталанатын буындардан — *мономерлерден* құрылған. Үлгі ретінде полиэтиленді мысалға келтірейік. Полиэтиленнің мономері C_2H_4 этиленнің молекуласы болып табылады. Полиэтиленнің мономері этиленнің молекуласы болып табылады. Көптеген мономерлер молекулярлық тізбекке қосылған кезде *полимер* — полиэтилен құрылады, оның құрылымдық формуласы: $[—CH_2—CH_2—]_n$, мұнда n — элементарлық буындар-мономерлер, «—» белгісі белсенді байланысты білдіреді. Полиэтиленнің мономері екі белсенді байланысы бар. Қасиеттері бойынша полимерлер мономерлерден күрт ерекшеленеді. Осылайша, этилен полиэтиленнен ерекшеленеді — газ.

Полимер макромолекулаларының құрылымы сызықтық, тармақталған, кеңістіктік (12.1-сурет) болады; өзге де түрлері кездеседі. Созылмалы молекуланың шынайы ұзындығы аса үлкен, бірақ орамдар мен ілмектердің бар болуына байланысты молекулалардың ұштары арасында арақашықтық едәуір аз. Осылайша, мысалы, 5 000 буыннан тұратын полистиролдың молекуласының ұзындығы 122 мкм, салыстыру үшін а-темір торының аралығы 0,286 нм тең. Макромолекуладағы мономерлер өзара *күшті ковалентті байланыспен* байланысқан.

Сызықтық және тармақталған құрылымы бар полимерлерде макромолекулалар арасындағы байланысты *Ван-дер-Ва-альс күштерімен* негізделген және жеткілікті әлсіз (1.5-кіші бөлімін қараңыз). Сондықтан температура көтерілген кезде осындай полимерлер жеңіл жібиді, иілімді болады.



12.1-сурет. Полимерлер құрылымдарының түрлі типтері: *а* — сызықтық; *б* — тармақталған; *в* — кеңістіктік

Бұл *термопластикалық* полимерлер — *термопластиктер*. Салқындағаннан кейін олар бастапқы қасиеттеріне иеленіп, қайтадан қатайды. Термопластиктер қыздыру және салқындату процесінде ешқандай кері айнамайтын химиялық айналымдарға ұшырамайды.

Кеңістікті тұйық (торлы) құрылымымен полимерлер екіден аса белсенді байланысы бар мономерлермен құрылған, осы жағдайда макромолекулалар да күштік *ковалентті байланыстармен* құрылған (1.3-кіші бөлімін қараңыз). Осындай полимерлер құрылудың бастапқы сатысында сызықтық құрылымына ие болады. Кеңістіктік құрылым бұдан бұрын байланыссыз қалған макромолекулалар арасында байланыстардың (қусырту) пайда болуын туындататын кері айнамайтын химиялық реакциялардың салдарын температура, қысым, қатайтқыш әсерінен қатаю процесінде екінші сатысында құрылады. Осындай полимерлер *термоактивтік* немесе *реактопласттар* деп аталады. Полимерлердің қатайған жағдайы термотұрақты болып табылады. Макромолекулалар арасындағы байланыстардың санына байланысты *қалың торлы* (байланыстардың көп санымен) және *сирек торлы* (байланыстардың аз санымен) реактопласттар болып бөлінеді.

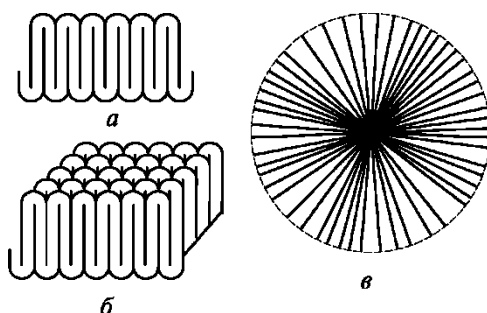
Термопласттар қыздыру кезінде бастапқыда жұмсарады, одан кейін жабысқақтағы күшті сұйықтықты құрайды. Қалың торлы реактопласттар іс жүзінде жұмсармайды және қыздырып ажырату температурасына дейін қыздыру кезінде өзінің қасиеттері өзгермейді (деструкция температурасы T_d), олар іс жүзінде еріткіштерде ерімейді. Сирек торлы реактопласттар қыздыру кезінде жұмсарады және еріткіштерде бөртінеді.

Полимерлердің құрылымы. *Сызықтық* және *тармақталған* полимерлердің құрылымы *кристалдық* (макромолекулалардың дұрыс, реттік орналасуы) немесе *аморфты* болады.

Сызықтық тармақталмаған макромолекулалар кристалдық құрылымды қалыптастыра отырып, бумаларға тығыз буып түйіледі. Осы бумалар пластиналар түрінде пластиналы кристалдарды немесе дөңгелек пішіндегі — *сферолиттерді* құрайды (12.2-сурет). Бұдан басқа, сызықтық және тармақталған макромолекулалар глобульдерді — молекулалардың бүктелген домалығын құрайды, олар жақын диаметрлері кезінде кристалдық торларға жатқызылған. *Кеңістіктік құрылымы бар* полимерлер әрқашан аморфты құрылымы болады.

Өсетін кристалға полимердің кристалдық құрылымын алу үшін атом

немесе атомдар топтары емес макромолекулалардың тұтас буыны қосылуы тиіс, бұл металдарды кристалдандыру үшін тән. Осындай бумалардың қозғалысы аз болғандықтан, полимерлерде кристалдандыру жылдамдығы металға қарағанда едәуір төменіреу және полимерлер металдарға қарағанда аморфты құрылымды жеңіл иеленеді. Полимерлердің кристалдық құрылымын толықтай қол жеткізуге жол берілмейді. Кристалдық жағдайда тұрған полимер массасының жалпы массасына қатынасы *кристалдық дәрежесі* деп аталады,



12.2-сурет. Полимерлердің кристалдық құрылымы: *a* — лента; *б* — ленталардан жасалған пластина; *в* — сферолит

ол 0-ден 80 % дейін өзгеруі мүмкін. Кристалдарды қоршайтын аморфты облыстарда молекулалар ретке келтіріліп орналастырылмаған.

Температураға байланысты аморфты фаза келесі жағдайлардың біреуінде бола алады: шыны тәрізді, жоғары созымдылықты немесе тұтқыр аққышты.

Шыны тәрізді жағдайы тепе-теңдік жағдайы жанында атомдардың тербемелі қозғалысымен ғана сипатталады; буындардың (мономерлердің) қозғалысы және макромолекулалардың орын ауысуы жүрмейді. Осындай жағдайда полимер $T_{\text{шыны жасау температурасы}}$ деп аталатын белгіленген температураға дейін жүреді. Шыны тәрізді жағдайда тұрған полимерге қосымша жүктеме берілгеннен кейін аз шамадағы (2...5 %) серпімді деформация ғана туындайды.

Температура $T_{\text{ш}}$ жоғары көтерілген кезде полимерлер *жоғары созымдылықты жағдайға* өтеді, олар материалдың кішігірім жүктемелері кезінде пішіннің үлкен қайтымды өзгерістерге қабілетімен сипатталады. Осындай жағдайда серпімді деформациялардың шамасы 1000 % қол жеткізіледі. Бұл жылу қозғалысы нәтижесінде буындардың — мономерлердің *тербемелі орын ауысуымен* байланысты. Макромолекулалар бұралған, орамдары, ілмектері бар. Жүктемемен олар бүгілу, түзету, яғни ұзындықты ұлғайту қабілетін иеленеді.

Жүктемені алып тастағаннан кейін полимер бастапқы пішінді қалпына келтіреді. Шыны жасау температурасынан жоғары қыздыру кезінде алынатын полимерлердің жоғары созымдылықты жағдайы *Т_Ааққыштық температурасына* дейін сақталады. Бұл жоғары созымдылықты жағдайда полимер $T_{ш} — T_A$ температуралар интервалында болуын білдіреді.

Аққыштықтың температурасына қол жеткізген кезде полимерлер *тұтқыр аққыштық жағдайға* өтеді. Бұл ретте өзара қозғалысты тұтас макромолекулалар алады. Олар бір бірін бір уақтылы емес, бірте-бірте орын ауыстырады, сондықтан полимер сұйық емес, тұтқыр аққыштық жағдайға көшеді.

Аморфты фазаның барлық үш жағдайы сызықтық және тармақталған полимерлерде, яғни күшті кеңістікті байланысы жоқ полимерлерде ғана болуы мүмкін.

Қалың торлы полимерлер шыны тәрізді жағдайда; сирек торлы полимерлерде — тұтқыр аққыштық жағдайда емес шыны тәрізді және жоғары созымдылықты жағдайда ғана болады, себебі макромолекулалардың салыстырмалы қозғалысы олар арасындағы байланыстардың болуына байланысты мүмкін емес.

Полимерлердің қасиеттері. T_0 , $T_{ш}$ және T_A аталған сипаттамалық температуралардың тәжірибелік мәні бар. Термопластикалық полимерлердің шекті жұмыс температурасы $T_{ш}$ шыны жасау температурасы болып табылады. Осы температурадан жоғары полимер жүктемемен жүреді. Жоғары созымдылықты жағдай ($T_{ш} — T_A$ интервалында) жұмыс істейтін ретінде сирек торлы реактопласт болып табылатын резеңке үшін ғана тән (12.1.3-бөлімді қараңыз). Термоактивтік пластмассалар $T_{д}$ деструкция температурасына дейін қолданылады.

Аққыштық температурасынан жоғары, алайда деструкция температурасынан төмен ($T_A — T_0$ интервалында) температуралар кезінде полимер «ағып жатқанда», пішінді құрайтын операциялар жүзеге асырылады (пішіндерді, қабықшаларды қысу, тарту және т.б.) — полимерлерді қажетті пішінге келтіреді, яғни бұйымдар немесе жартылай фабрикалар дайындайды.

Полимерлердің ерекшелігі олардан *релаксация* процесінің өтуі болып табылады. Полимерлерде релаксация оларға α_{const} тұрақты кернеуді қосымша беру кезінде де және ϵ_{const} белгіленген шамаға өзгерту кезінде де байқалады.

Бірінші жағдайда (α_{const}) *сырғыштық* процесі — тұрақты жүктеме кезінде өлшемдердің өзгеруі байқалады.

Тұрақты өзгеру (ϵ_{const}) кезінде кернеу релаксацияланады (азаяды), олардың шамасы тепе-теңдік мәндерге дейін біртіндеп төмендейді. Осылайша, полимерден жасалған бұйымға аққыштықтың шегінен аз (яғни серпімді деформация облысында тұрған) кернеу қосымша берілсе, оны біраз уақыт бойы осы жағдайда ұстау керек, жүктемені алып тастағаннан кейін бұйымның өлшемдері бастапқы өлшемдерге

қайтып оралмайды. Бұл серпімді деформацияның бөлшегі пластикалыққа өтуімен байланысты.

Релаксациялық процестердің ұзақтығы температураға байланысты. $T_{ш}$ төмен температурасы кезінде олар баяу — от $10^5...10^7$ бастап бірнеше жылға дейін жүреді, яғни іс жүзінде көзге көрінбейді. Температура $T_{ш}$ жоғары көтерілген кезде процестердің өту уақыты $10^{-4}...10^4$ с дейін қысқарады (секундтан бірнеше сағатқа дейін). Осы жағдайда релаксация бұйымдардың өлшемдеріне және полимерлердің қасиеттеріне көрінетін әсер етеді.

Полимерлер *ескіруге*, яғни макромолекулалар тізбектерінде байланыстардың бұзылу салдарынан қасиеттердің өздігінен және кері қайтпайтын өзгеруіне ұшырайды. Бұл деструкцияны (жұмсару, ұшпа заттардың бөлінуі) немесе құрылымдауды (қаттылықты, нәзіктілікті арттыру, иілгіштікті жоғалту) туындататын бос радикалдар немесе иондар құрылудың күрделі реакцияларымен байланысты. Ескіру процестері оттегі, озон, жарық, температураның іс-қимылы нәтижесінде; әдетте — ауа оттегінің ықпалымен дамиды. Ескіру процестері кернеуді қосумен жылдам болады.

Жоғары температуралар кезінде (200... 500 °C) полимерлердің қыздырылып ажырауы (деструкция) — ұшпа заттардың бұға айналуы жүреді, бұл ретте беттен ғана емес, сондай-ақ барлық көлемде бұға айналады.

Ескіру процестерін баяулату үшін полимерлерге тұрақтандырғыш (түрлі органикалық немесе органикалық емес заттар) қосылады. Осылайша, мысалы, полиэтилен құрамына 2.3% күйені қосу ескіру процестерін шамамен алғанда 30 есе баяулатады, бұл ретте жұмыс жасау мерзімі 5 және одан да көп жылға арта түседі.

12.1.2. Пластикалық массалар

Пластикалық массалардың құрамы және сыныптамасы. *Пластикалық массалар (пластмассалар)* — бұл жасанды материалдар, оның негізі, яғни байланыстырушы заты *полимерлер* болып табылады. Осындай жағдайда қысыммен оларға салқындатқаннан кейін сақталатын қажетті пішінді береді.

Байланыстыру термопластикалық полимер болып табылған жағдайда қалыптанған массаның қатты жағдайына көшу салқындату кезінде жасалады. Егер байланыстырушы — термореактивтік полимер болса, қатаю қыздыру кезінде жүреді. Осылайша, пластмассалар да, полимерлерде екі топқа бөлінеді: *термопластикалық* және *термоактивтік*.

Пластмассалар бір немесе көп құрамдауышты болуы мүмкін. *Бір құрамдауыштардың* құрамына полимер ғана ұсынылған. *Көп құрамдауышты* пластмассалардың құрамына байланыстырушыдан басқа толтырғыштар, пластификаторлар, қатайтқыштар, бояғыштар кіруі мүмкін.

Толтырғыштар механикалық қасиеттерді арттырады, қысу кезінде апшуды төмендетеді және материалға арнайы қасиеттер береді. Бұл полимерге инертті органикалық немесе органикалық заттар.

Пластмасса толтырғышының түрі бойынша олар бөлінеді:

- *ұнтақтық*, толтырғыш ретінде ағаш ұны, графит, талық және басқалары қолданылады;

- талшық ретінде (мақта мен зығырдың қалдығы) толтырғышпен *талшықты жіптер*, соның ішінде шыны және асбестті жіптер (шыны және асбестті талшық);

- табақты толтырғышпен *қабатты*: гетинакс (қағаз), текстолит (мақта-мата), асбестті және шыны текстолиттері (шыны мата және асбест);

- *газбен толтырылған* — көпіршік және кеуек пласттар, толтырғыш ретінде ауа немесе нейтралды газдар қолданылады.

Пластификатор тарилімділікті, аязға және отқа төзімділікті арттырады; қысуды жеңілдетеді. Пластификаторлар ретінде олеин қышқылы, стеарин қолданылады.

Қатайтқыштар — бұл термоактивтік пластмассалардың қатаюына әсер етерін кейбір металдар мен уротропиндердің оксиді.

Бояғыштар мен *пигменттер* пластмассаларға белгілі бір реңк береді.

Термопластикалық пластмассалар. Термопластикалық пластмассалардың негізі — *сызықтық немесе тармақталған құрылымы бар полимерлер*. Анағұрлым таралған термопласттарды пайдалану температурасы 60...200°C аспайды, себебі аса жоғары температуралар кезінде қасиеттердің күрт төмендей бастайды. Релаксациялық процестердің салдарынан ұзақ жүктеу кезінде өлшемдер өзгереді. Кристалдық полимерлер үлкен беріктік пен қаттылыққа ие. Кеңінен қолданылатын кейбір пластикалық массалардың қасиеттерін қарастырайық.

Полиэтилен (ПЭ) ($-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$)_n. Қысымы жоғары (ҚЖПЭ) және төмен (ҚТПЭ) полиэтилендер қысым 100 және 0,1-0,6 МПа және температурасы тиісінше 200-300 және 150°C кезінде полимеризация жолымен жүргізіледі. макромолекулаларда сызықтық құрылыс бар, яғни ПЭ кристалданады. ҚТПЭ кристалдану дәрежесі — 75.95 %, ҚЖПЭ — 55.65 %. ҚТПЭ кристалданудың үлкен дәрежесі оның үлкен беріктігін (30 МПа) ҚЖПЭ (13 МПа) салыстырып және жылуға төзімділікті анықтайды.

Полиэтилен аса жоғары химиялық төзімділікке ие — бөлмелік температураларда бірде бі мәлім еріткіште ерімейді.

Полиэтиленді соғысты жеңіп алуға мүмкіндік берген полимер деп атайды, себебі оның жоғары диэлектр қасиеттері көптеген жағдайларда радардың тиімділігін анықтады.

ПЭ ұзақ қолдану 60-100 °C температурамен шектелген; ол -70 °C температураға дейін аязға төзімділікке ие.

Политетрафторэтилен (ПТФЭ) ($-\text{CF}_2-\text{CF}_2-$)_n — *фторопласт*-

4.Бұл анағұрлым жылуға және химиялық төзімді термопласттардың бірі.

Оны ұзақ пайдалану температурасы 250 °С жетеді, ол -269 °С дейін өте төмен температуралар кезінде нәзік болмайды. Фторопласт-4 — жоғары сапалы диэлектрик; оның ерекшелігі үйкеліске төзімді қасиеті болып табылады.

Жетіспеушіліктері: жоғары температура кезінде улағыш фторды бөлу, төмен иілімділікке байланысты қысу әдістерімен қайта өңдеу қиындылығы.

Фторопласт-4 электр техникалық бұйымдарды, мембраналарды, тығыздағыш төсемдерді және т.б. жасау, сондай-ақ үйкеліс тораптарының бұйымдары үшін дайындалады.

Поливинилхлорид (ПВХ) ($-\text{CH}_2-\text{CHCl}-$)«. ПВХ негізінде пластмассаның екі түрі — винипласт и пластикат өндіріледі, соңғысының құрамына винипластқа қарағанда пластификаторлар кіреді. Поливинилхлорид — анағұрлым таралған материалдардың бірі; он жанбайды және жоғары химиялық төзімділікке ие.

Винипласттың беріктігі мен иілгіштігі жоғары, одан құрылыс қаптама тақтасы, металл сыйымдылықтарының қорғау жабындылары дайындалады. Жетіспеушіліктері: төмен ұзақ беріктігі және жұмыс температураларының шағын интервалы (-10-нан 60 ... 70 °С дейін).

Пластификаторлардың енгізілуі пайдалану температураларының интервалын кеңейтеді (-15 ... -50-ден 160 ... 195 °С дейін), иілгіштікті арттырады. *Пластикат* — полярлық пластик, ол төмен жиіліктер облысында жоғары диэлектр қасиеттеріне ие. Негізгі қолданылуы — сымдарды, кәбілдерді оқшаулау.

Полиамидтер. Бұл кеңінен танымал атаулары бар пластмассалардың тобы: капрон, нейлон, лавсан, олардың құрамына амидті топ ($-\text{NH}-\text{CO}-$), 2-ден 10 ретке дейін қайталанатын этилен топтары ($-\text{CH}_2-$) кіреді.

Полиамидтер — кристалды полимерлер. Бір осьтік бағдарлау кезінде талшықтар, жіптер, қабықшалар алынады. Түрлі полиамидтер түрлерінің қасиеттеріне бір-біріне жақын — олардың барлығы жақсы үйкеліске төзімді материал болып табылады, соққыға төзімді, діріл тоқтатқыш қасиеттерге ие. Полиамидтер электр техникалық өнеркәсіпте өз қолданысын тапты, оларды металдардың үйкеліске төзімді жабындылары үшін қолданылады. Полиамидтердің жетіспеушіліктері: ылғал тартқыш және ескіруге ұшырағыш.

Термоактивтік пластмассалар. Осы пластмассалардағы байланыстырушы зат — *термореактивтік полимерлер*, фенол-формальдегид, кремнийорганикалық, эпоксидті шайырлар болып табылады. Осы полимерлерде жылуға төзімділік 200.350 °С. Эпоксидті шайырлар жоғарылатылған температураларда ғана емес, сондай-ақ бөлмелік температуралар кезінде шағын апшуымен жанама өнімді бөлмей қатаюға қабілетті. Бұл олардың негізінде пластмассалардан ірі габаритті бұйымдарды жасауға мүмкіндік береді.

Термоактивтік пластмассалар көп құрамдауышты болып табылады, олардың құрамына толтырғыштар кіреді, сондай-ақ пластификаторлар мен бояғыштар енгізілуі мүмкін.

Ұнтақты толтырғышпен пластмассалар. Толтырғыш ретінде жоғарыда аталған органикалық және минералды заттар қолданылады. Минералды толтырғыштар материалға суға төзімділікті, химиялық төзімділікті, жоғарылатылған электр оқшаулау қасиеттерді береді. Осындай пластмассалар изотроптық, себебі аморфты құрылымы бар, алайда олардың механикалық қасиеттері жоғары емес.

Негізгі қолданылуы — аз жүктелген бұйымдарды жасау үшін, ең алдымен, электр оқшаулау мақсаты. Эпоксидті шайырлар негізіндегі композициялар тозған бұйымдарды қалпына келтіру, құйманың ақаулықтарын түзету үшін жөндеу барысында қолданылады (қалқандар толтырылады).

Талшықты толтырғышпен пластмассалар. Оларға талшықты, асбестті және шыны талшықтар жатады. Осы пластмассалардың механикалық қасиеттері анизотропиялы, талшық бағытында олар алдыңғы топтарының материалдарына қарағанда едәуір жоғары және талшықтардың қасиеттерімен және олардың өлшемдерімен айкалындады (13-тарауды қараңыз).

Талшықтардың толтырғышы — мақта целлюлозасы. Оларды техникалық мақсаттағы бұйымдарды жасау үшін қолданылады: бағытты төлкелер, фланец және т.б.

Асбестті талшықтар үшін (толтырғыш — асбест) байланыстырушы ретінде негізінен формальдегидті шайыр қолданылады. Олардың артықшылығы — жоғарылатылған жылуға төзімділік. Асбест жоғары үйкеліс қасиеттеріне ие, жоғары жылуға төзімділікпен қоса тежеуіш құрылғының бұйымдарын жасау үшін асбестті талшықтардың қолданылуын анықтайды.

Шыны талшықтар жоғары үлестік беріктікке ие, діріл және айныма таңбалы жүктемелерге жақсы қарсылық көрсетеді. Олардың қасиеттері шыны талшықтың сипаттамаларына байланысты: талшықтың диаметрі мен ұзындығы, шынының құрамы.

Қабатты пластмассалар. Осы материалдар байланыстырушы және табақты толтырғыштан тұрады, бұл олардың қабатты құрылымын және қасиеттердің анизотропиясын анықтайды.

Гетинакс — бұл материал, оның толтырғышы қағаздың түрлі сорттары қызмет етеді. Оны 120... 140 °C дейін пайдалануға болады, ол еріткіштердің қимылына тұрақты. Гетинакс көліктік құралдарды ішкі әрлеу үшін қолданылады: теміржол вагондары, каюталар және т.б.

Текстолит (толтырғыш — мақта-мата кездемесі) жақсы діріл тоқтатқыш және үйкеліске төзімді қасиеттеріне ие. Мақсатына қарай текстолиттер конструкциялық (беріктік шегі $\sigma_b = 80.100$ МПа), электр техникалық, төсеме болып бөлінеді. Текстолиттен жасалған бұйымдар машина жасауда кеңінен қолданылады — бұл сырғыма мойынтірек, корпустық бұйымдар және басқалары. Текстолитті пайдалану

температурасы -60-тан 60.80°C дейін.

Асбестті текстолит байланыстырушының шамамен 40 % қамтиды, қалғаны — асбестті мата. Бұл конструкциялық материал (беріктік шегі $\sigma_b = 55$ МПа), оның қолданылуы жоғары үйкеліс және жылу оқшаулайтын қасиеттерімен айқындалады. 250.500 °C кезінде бірнеше сағат ішінде пайдалануға және өте жоғары температураларға дейін қысқа мерзімді қыздыруға (3000 °C) болады.

Шыны текстолиттердің толтырғышы шыны мата болып табылады. Оңтайлы механикалық қасиеттерге байланыстырушыны шамамен 30 % қамту кезінде қол жеткізіледі. Шыны текстолиттері жоғары үлестік беріктікке, 200 °C температураға дейін жылуға төзімділікке, электр оқшаулау қасиеттеріне ие. Оларды ұшақ және кеме жасауда, радио және электр техникада қолданылады.

Шыны талшықтары және шыны текстолиттері арасындағы аралық орнын *шыны талшықты анизотроптық материалдар* (ШТАМ) алады. Мұнда толтырғыш болып кілтек ретінде желімделген шыны жіптер қызмет етеді, олар байланыстырушыда бір және бірнеше бағыттарда орналасуы мүмкін. ШТАМ бойлық және көлденең қабаттардың болуы өзге шыны пластиктерімен салыстырғанда аса жоғары біртектілікке қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Ағаш қабатты пластиктер (АҚП) полимерлік байланыстырушымен сіңірілген ағаш кілтектен жасалады. Шығарылатын маркалар кілтек талшықтарының бағытымен (АҚП-А — бойлық, АҚП-Б — аралас, АҚП-В — жұлдыз тәрізді) және тиісінше түрлі бағыттардағы қасиеттерімен ажыратылады. АҚП жылуға төзімділігі 140 °C қол жеткізіледі, химиялық төзімділігі жоғары емес, алайда қарапайым ағашқа қарағанда жоғары. Ағаш қабатты пластиктер — әрлеу және конструкциялық материал, оның жетіспеушілігі — кеуіп кетуіне әкеленетін ылғал сіңіруге бейімділігі.

Газбен толтырылған пластмассалар. Осындай пластмассалардың құрылымы екі фазалы. Байланыстырушы фаза — *бүлполимер* (термопластикалық немесе термоактивтік), ол ұяшықтардың немесе тесіктердің қабырғаларын құрайды, онда толтырғыш болып табылатын екінші фаза — *газдық* орналасады. Осындай құрылым пластмассаның төмен беріктігін, сондай-ақ олардың жоғары жылу және дыбыс өткізбейтін қасиеттерін анықтайды. Газбен толтырылған пластмассалар пеноласттарға, поропласттарға және сотопласттарға бөлінеді.

Пенопласттар — тұйық кеуекті құрылымы бар материалдар. Ұяшықтарда тұрған газ тәрізді толтырғыш атмосферадан оқшауланған. Осындай құрылым жоғары жылуды оқшаулау қасиеттерін, жылу берудің төмен коэффициентін — 0,003...0,007 Вт/(м • К) қамтамасыз етеді. Пенопласттардың шағын тығыздылығы (20...300 кг/м³) олардың жоғары жүзгіштігін қамтамасыз етеді.

Пенопласттар жылуды оқшаулау материал ретінде (тоңазытқыштар, рефрижераторлар, құбырларды салу кезінде және т.б.), сондай-ақ

жүзгіштігі жақсы бұйымдарды жасау үшін қолданылады.

Анағұрлым таралған термопластикалық пенопласттар — пенополистирол және пенополивинилхлорид — 60-тан 60 °C дейін температура кезінде пайдалануға болады. Фенол-формальдегид шайыры негізіндегі термоактивтік пенопласттар 250 °C дейін температурада жұмыс істей алады.

Поропласттар — ашық кеуекті құрылымы бар кеуекті материалдар. Поропласттар иілімді болып шығарылады. Олар сұйықтарды сіңіру үшін арналған. Осылайша, ТПВФ маркалы поропласттың суды сіңіру 2 сағат ішінде 400.700 % құрайды.

Сотопласттар жұқа табақты материалдан жасалады, оны бастапқыда гофриленеді, одан кейін гофриленген табактар ара кәріздері ретінде желімделенеді. Сотопласттардың материалы полимерлік байланыстырушымен сіңірілген түрлі маталар қызмет етеді. Сотопласттар үш қабатты панельдердің толтырғыштары ретінде қолданылады, оларды екі қаптауыш табак арасында жапсырылады. Олар жылуды және дыбысты окшаулауға арналған.

12.1.3. Эластомерлер (каучуктер) және резеңке

Эластомерлер (каучуктер). Осы полимерлер сыныбының негізгі сипаттамалары: *өте жоғары серпімді деформацияға қабілеттілігі және серпімділіктің шағын модулі*. Металл материалдарының серпімді деформациясы шамамен 0,1 %, құраса, ал көптеген полимерлер үшін оның мәні қалыпты температуралар кезінде 2...5 % аспайды, онда эластомерлердің серпімді деформациясы 1000 % жетеді. Бұл мүмкін, себебі олар қалыпты температура кезінде жоғары иілімді жағдайда болады.

Бастапқы ұзарту макромолекулалардың буындары арасында байланыстарды созу есебінен емес, оларды түзулену есебінен жүреді. Сондықтан аз ғана күш салған кезде едәуір деформацияға қол жеткізіледі, яғни иілімділік модулінің мәні шағын.

Молекулалардың созылу шамасына қарай жүктемені қосу процесінде олардың деформациясы үлкен күшті талап етпейді. Макромолекулалардың соңғы түзетілгеннен кейін деформация буындардың өздерін созу жолымен ғана іске асырылады, бұл үлкен күшті талап етеді. Бұл созылу шамасына қарай эластомер серпімділік модулінің мәні өзгеретінін білдіреді, ол 1000 есе — шамамен алғанда 10-нан 10000 МПа өседі. Басқа сөзбен айтқанда, материал Гук заңына бағынбайды — деформация және кернеу арасындағы кернеулік тікелей пропорционалды емес. Жүктемені алып тастағаннан кейін молекулалардың бұралу процесі басталады, эластомер бастапқы жағдайға талпынады.

Каучуктер сызықтық полимерлер болып табылады. Олар аса жоғары иілімділікпен ерекшеленеді, алайда көлденең байланыстардың жоғынан сырғыштыққа ұшырайды, сондықтан созылғаннан кейін

қалдық деформация сақталады.

Табиғи эластомерлер табиғи каучуктер (ТК) болып табылады, олар өсімдіктердің шырынынан алынады: бразилия гевеясы, кок-сағыз, таусағыз.

Каучуктер *синтезделген* болуы мүмкін. Синтетикалық каучуктерден (СК) анағұрлым таралған натрийбутадиенді (СКБ), бутадиенстиролді (СКС) және басқалары. Каучуктер резеңкені алу үшін бастапқы шикізат болып табылады.

Резеңке. Резеңке — бұл *вулканизация* өнімі, яғни каучуктерді химиялық қайта өңдеу. Анағұрлым таралған вулканизатор *күкірт* болып табылады. Вулканизация процесінде

12.3-сурет. Каучуктың вулканизациясы кезінде бекіту орындары

(күкірттің буларында қыздыру) каучуктың сызықтық құрылымы күкірт вулканизацияға дейінгі қос байланысы бар көміртегі атомдарымен реакцияға түсуі есебінен кеңістіктікке айналады, макромолекулаларды қосады. Бұл ретте бекіту нүктелері пайда болады (12.3-сурет). Осылайша, вулканизация кезінде термопластикалық пластик кеңістікті құрылымы бар реактопластқа айналады. Нәтижесінде макромолекулалардың салыстырмалы орын ауыстыруы мүмкін емес, яғни қалдық деформациядан жүктемені алып тастағаннан кейін болмайды.

Енгізілетін күкірттің санына байланысты бекіту нүктелерінің түрлі саны және резеңкенің түрлі қасиеттері болады. 5 % дейін күкіртті қамту кезінде сирек тор және жұмсақ, иілімді резеңке құрылады. Күкірт саны ұлғайған сайын резеңкенің қаттылығы өседі, ал күкірттің 30 % кезінде барлық қос байланыстар сіңіріледі және қатты материал — эбонит құрылады.

Каучуктен (ТБ немесе СК) и вулканизатордан басқа резеңкенің құрамына кіреді:

- *тоздырмалар (антиоксиданттар)*, олар резеңкенің тотығуына қарсылық етеді және резеңкеге сіңген оттегіні байланыстырады (химиялық антиоксиданттар) немесе тотығудан сақтандыратын қорғау қабықшаларды құрайды (физикалық антиоксиданттар) — парафин, балауыз;

- *пластификаторлар*, резеңке қоспасын қайта өңдеуді жеңілдетеді, — парафин, вазелин және басқалары;

- *белсенді толтырғыштар* (күйе, кремний және мырыш оксидтері) үш өлшемді құрылымды құруға қатысады және сондықтан қасиеттері жақсарады; *инертті толтырғыштарды* (бор, тальк) арзандату үшін енгізіледі;

- *минералды немесе органикалық бояғыштар* декоративтік рөлді орындайды, күн спектрінің қысқа толқынды бөлшекті сіңіре отырып, резеңкенің жарықтық ескіруін тоқтатады.

Пайдалану процесінде резеңке бұйымдары ескірудің түрлі түрлеріне ұшырайды (жарықтық, озондық, жылулық және басқалары), оның нәтижесінде қасиеттердің кері қайтпайтын өзгеруі жүреді.

Кернеулі күйінде ескіру жылдамдығы бос күйіне қарағанда жоғары.

Температураның жоғарылуы резеңкенің беріктігін төмендетеді, жылуға төзімді емес резеңкелердің жұмыс температурасы 150 °C аспайды, арнайы жылуға төзімді резеңкелерде 320 °C жетеді.

Төмен температуралар кезінде ($T_{ш}$ температурасынан төмен) резеңкенің шыны тәрізді жағдайына өтелі және тиісінше иілгіш қасиеттерін жоғалтады, сондықтан автомобильдерді қыста пайдалану үшін қысқы резеңкеден жасалған шиналар — шыны жасаудың төмен температурасымен қолданылады. Резеңкені -30-дан 80 °C дейін температура кезінде пайдалануға болады.

Резеңкенің мақсаты бойынша жалпы мақсаттағы және арнайы резеңкелерге бөлінеді. *Жалпы мақсаттағы резеңкелер* олар ТК, СКБ, СКС, СКИ каучуктері негізінде шығарылады.

Арнайы резеңкелерге май мен бензинге төзімді, жылуға төзімді, аязға төзімді, жарық пен озонға төзімді, тозуға төзімді және электр техникалық жатады.

Электр техникалық резеңкелер электр оқшаулау және электр өткізгіш болып бөлінеді: электр өткізгіштікке резеңке көмір күйесі мен графитті енгізумен қол жеткізіледі.

Жалпы мақсаттағы резеңкелерден белбеулер, жеңдер, көліктік ленталар, төсеніштер (серпімділіктің төмен модулі жоғары дірілді тоқтатқыш қасиеттер анықтайды) және басқалары дайындалады.

Резеңке техникалық бұйымдарды (РТБ) жасау технологиясы шикі резеңке қоспасын (шикі резеңке) жасауда, соңғы операциясы болып табылатын қажетті пішінін алу және вулканизация үшін қысуда негізделеді.

12.1.4. Қабықша тәріздес материалдар

Жалпы мәліметтер. Қабықша тәріздестерге өңделетін бетке жаққаннан кейін осы бетпен байланысты қабықшаларды құрайтын материалдар жатады. Осы материалдар өңделетін материалдарға қатынасы бойынша жоғары адгезиялық қабілетке (жармасу) ие болуы тиіс.

Қабықша тәріздес материалдардың құрамдауыштары болып табылады:

- *қабықша тәріздес заттар* (полимерлер немесе органикалық емес заттар), олар қасиеттерді анықтайтын негіз болып табылады;
- *еріткіштер*, белгілі бір жабысқақтықты құрайды создающие;
- *толтырғыштар*, қабықшаның ашпуын азайтады;
- *пластификаторлар*, композицияның иілімділігін арттырады және ашпуды төмендетеді;
- *қатайтқыштар* және *катализаторлар*, қабықшаны ыстыққа төзімді жағдайға ауыстыру үшін қажетті.

Желімдер. Қабықша тәріздес заттардың түрі бойынша желімдер шайыр, резеңкелі және органикалық емес болып бөлінеді.

Термопластикалық желімдерде беріктігі төмен сипаттамалары бар, олар қыздыру кезінде де байқалады.

Термоактивтік желімдер берік және жылуға төзімді қабықшаларды береді, олар салмақ түсетін конструкциялардың өндірісінде қолданылады. Термоактивтік шайырлар негізіндегі желімдер қалыпты немесе жоғарылатылған температура кезінде катализаторлар немесе қатайтқыштар кезінде қатайды. Желімді суықтай желімдеу анағұрлым берік.

Шайыр желімдерінің негізі ретінде термопластикалық және термоактивтік полимерлер қолданылуы мүмкін.

Фенол-формальдегидті шайырлар негізіндегі желімдер (КБ-3 маркалы) түрлі материалдарға жақсы адгезияға ие; оларды жүктелген желімді қосылыстар, металдар, шыны пластиктер үшін қолданылады.

Фенол-каучукты композициялар (ВК-32-200, ВК-3, ВК-4 маркалы) — металдарға жақсы адгезиясы бар иілімділігі жоғары, жылуға төзімді қабықшалар.

Фенолполивинилацеталды композициялар танымал БФ желімдері негізінде жатады. БФ-2 және БФ-4 маркалы желімдер әр түрлі материалдарды желімдеу үшін қолданылады.

Фенолкремнийорганикалық желімдер (ВК-18, ВК-18М) ыстыққа төзімді болып табылады (пайдалану температурасы 500...600 °С дейін), жақсы дірілді орнытқыш пен ұзақ беріктікке ие. ВК-18М желімі желімдеу құралының конструкцияларында қолданылады.

Эпоксидті шайырлар негізіндегі желімдер жоғары пайдалану және технологиялық қасиеттеріне ие: барлық материалдарға жоғары жабысқақтық; жақсы беріктік (жылжыту және жылу кезіндегі беріктік шектері тиісінше 30 және 60 МПа жетеді); аатмосфераға төзімді; май мен бензинге төзімді. Желімдердің қатаюы жанама өнімдерді бөлмеу қатайтқыштардың көмегімен жүреді, сондықтан апшу шағын.

Қатаю суық (Л-4, ВК-9, ЭПО маркалы желімдер және басқалары) және ыстық (ВК-32-ЭМ, К-153, ВК-1 және басқалары) болады. Желімдерді түрлі материалдарды қосу, сондай-ақ қалқандарды «емдеу» үшін жөндеу мақсаттарда қолданылады.

Құрамында *кремний органикалық шайырлар* бар желімдер жылуға төзімді болып табылады. КТ-15, КТ-30 желімдер 200.300 °С температураға дейін өз қасиеттерін сақтайды.

Резеңкелі желімдер— бұл каучуктердің немесе резеңкелі қоспалардың органикалық еріткіштердегі ерітінділері. Каучук желімге үлкен иілгіштікті береді. Желімдеу вулканизация кезінде жүреді. Вулканизация және желімдеу температурасы 140.150 °С болатын ыстық вулканизациялы және құрамына активаторлар кіретін және вулканизация қалыпты температурада жүретін өздігінен вулканизацияланатын желімдер болады. Резеңкелі желімдер резеңкені түрлі материалдармен — резеңкемен, металмен, шынымен, керамикамен желімдеу үшін қолданылады. 9М-35Ф және ФЭН-1 маркалы желімдер май мен бензинге төзімді болып табылады.

Органикалық емес желімдер— фосфатты, керамикалық, силикатты — жоғары температуралы болып табылады.

Фосфатты желімдер— инертті немесе белсенді толтырғыштармен фосфаттардың ерітінділері. АХФТ (алюминий хром-фосфаттыгізбекте) желім суға және қышқылдыққа төзімді, ол көптеген материалдарға жақсы жабысқақтыққа ие, оның отқа беріктігі 1800 °С дейін.

Керамикалық желімдер — судағы оксидтердің жұқа суспензиясы (MgO , Al_2O_3 , SiO_2 және басқалары). Желімдерді желімделетін бетке жағады, кептіреді, одан кейін құрамдауыштарды балқыту температурасына дейін қыздырады және 15...20 минут ішінде ұстайды. Қосылыстар 500.1000 °С температуралар диапазонында беріктікті сақтайды.

Силикатты желімдерде сұйық шыны ретінде негіз болады. Алюминий-силикатты байланыс (АСБ) түрлі толтырғыштармен 120 °С кезінде қататын желімдерді құрайды. Желімдер металдарды, шыныларды, керамиканы қосу үшін қолданылады.

Герметикалар. Бұл герметизацияны (өткізбеушілік) қамтамасыз ететін полимерлер негізіндегі композиция. Анағұрлым қолдануды металдарға, ағашқа, бетонға жоғары жабысқақтығы бар және май мен бензинге төзімді болып табылатын *тиокол герметикасы*(У-30М, УТ-31) алды.

Кремний органикалық герметикалар(виксинит және эластосил)200.250 °С дейін жоғары жылуға төзімділігі бар. Бұл макромолекулалардың негізгі тізбегіне кремний кіретіндігімен түсіндіріледі. Кремний атомдары оттегі атомдарымен қосылады, жоғары жылуға төзімділігіне ие силосан байланысын ($-Si-O-$) құрайды. Осы герметикалар дірілді орнытқыш, оларды металл қосылыстарын (тойтармалы, пісіру), шыны, бетонды герметизациялау үшін қолданылады.

Суықтай қатаятын *эпоксидті герметика* ұзақ уақыт бойы 60-тан 75°С дейін температуралар диапазонында, ыстықтай қатаятын герметика - 60-тан 140 °С дейін жұмыс істей алады. Оларды металл және шыны пластикалық бұйымдарды герметизациялау үшін қолданылады. УП-5-122АТ маркалы герметика май мен бензинге төзімді болып табылады.

Фтор каучукты герметикалар(СКФ-260НМ, СКФ-260НМ-2) май мен бензинге төзімді, агрессивтік ортада және 300 °С дейін температураларда жұмыс істеуге қабілетті. Олардың жетіспеушіліктері: аязға төмен төзімділік (-20 °С), жеткіліксіз иілгіштік.

*Анаэробты герметикалар*акрил және метакрил қосылыстары негізінде оттігінің бар болуымен ұзақ уақыт бойы бастапқы қасиеттерін сақтауға және оттеге болмаған немесе оған қолжетімділік аз болған кезде берік қабықшаны құрумен тез полимерленуге сипаттамалы ерекшелігі бар. Осы герметикалар үлкен қысым кезінде де газдар мен сұйықтардың шығып кетуін алдын алады. Анаэробты композициялар «Локтайт» жалпы атауымен АҚШ, Францияда, Жапонияда, Ресейде —

«Унигерм» болып шығарылады.

Лакпен боялған жабындылар. Лакпен боялған жабындылар түрлі қоспалары бар қабықша тәріздес заттардың ерітінділерін білдіреді. Өңделген бетке жағып, кептіргеннен кейін олар қатты қабықшаны құрайды. Бұл қорғау және декоративтік жабындылар үшін анағұрлым таралған материалдар.

Лактар ұшпа заттардан —*қабықша тәріздестерден* тұрады, олар еріткіш термопластикалық және термоактивтік полимерлер, сондай-ақ өсімдік майлары — олифалар және ұшпалы заттар — еріткіштер (эфир майлары, спирт, бензин, скипидар және басқалары). Лактар мөлдір, олар бояумен жабылған және жабылмаған бетке жағылады.

Түстерді анықтайтын ерімейтін пигменттермен лактардың қоспалары (темір, марганец қышқылдары, тау жыныстары) — бұл *эмаль бояулары*. Пигменттер композицияларға түссіздікті береді, механикалық беріктікті арттырады, өткізгіштікті төмендетеді, кейбіреулері коррозияға қарсы қасиеттерін арттырады. Эмальдарда пигмент пен қабықша тәріздес заттардың қатынасы 1: (1... 1,5) құрайды.

Лактың түріне байланысты эмаль бояулары майлы лактың негізіндегі майлы; нитроэмальдар; олардың негізі — целлюлоза эфирлерінен лактар (ағаштың табиғи полимері); спиртті лактар негізіндегі спиртты эмальдар болып бөлінеді.

Майлы жабындылар жоғары жабысқақтыққа, иілгіштікке, дірілді орнатқышқа ие. Олардың жетіспеушіліктері: суға төмен төзімділік және зимиялық төзімділік, олар баяу кебеді. *Нитроэмальдар* майлы бояулардың жетіспеушіліктерінен айырылған, алайда анағұрлым нәзік. *Спиртті эмальдарда* беріктігі жоғары және жақсы жылтыратып өңделеді, алайда иілгіштігі төмен, сондықтан судың әсеріне жаман қарсы тұрады.

Лактар мен бояулардан басқа лакпен боялған жабындыларды жағу кезінде полимерлер негізінде композициялар болып табылатын топырақ пен тегістегіш қолданылады. Құрамында 70.80 % пассивтеуіш пигменттері бар топырақ жабындының бірінші қабатын құрайды, өңделетін бетпен сенімді ілінісуді қамтамасыз етеді және тесіктерді толтырады. Олардың тағы бір рөлі — коррозиядан сақтау. Тегістегіш қабықша тәріздес заттарға қарағанда 2 есе артық толтырғыштар мен пигменттерді қамтиды және топырақтың тегістеу үшін қызмет етеді. Осылайша дайындалған бетке бояудың бір немесе бірнеше қабаттары жағылады.

Металл өңдеу жабдықты бояу үшін минералды майлардың және майлау суытатын сұйықтықтың әсеріне төзімділігіне ие нитроцеллюлозалы эмальдар мен тегістегіш қолданылады. Қолдануға НЦ-256, НЦ-2127 маркалы эмальдар, сондай-ақ ПХВ негізіндегі материалдар кешені ұсынылады: ХВ-238 эмаль, ХВ-050 төсеме бояу, ХВ-0015 тегістегіш.

12.1.5. Өнеркәсіпте пластмассаларды қолдану

Пластмассалардың негізгі сипаттамалары шағын тығыздылық ($1...2 \text{ т/м}^3$), төмен жылу өткізгіштік ($0,1...0,3 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$) болып табылады. Олар жақсы электр, жылу, дыбыс оқшаулау қасиеттеріне ие. Бұл олардың қолданылуын арнайы материалдар ретінде анықтайды.

Пластмассалардың беріктік модулі және механикалық қасиеттері металл материалдарына қарағанда едәуір төмен: ұзақ жүктеу кезінде сырғыштық пайда болуы мүмкін, бұдан басқа ескіруге ұшырайды. Осы жағдайлар пластмассаларды жауапты жүктелген бұйымдарды жасау үшін қолдануға мүмкіндік бермейді. Негізінен оларды қосалқы бұйымдарды жасау үшін қолданылады: тұтқалар, панельдер және т.б. қарастырылған жағдайлардан басқа, пластмассалар мен резенкелер қаптама технологияларында, құбыр өткізгіштерде, тығыздағыш төсеніштерде қабықша материалдарын дайындау үшін кеңінен қолданылады.

Сонымен қатар, пластмассалардың бірқатар ерекшеліктері жабдықтың жұмысқа қабілеттілігі тәуелді болатын жауапты тораптарда функционалдық қолданылуын анықтайды. Бұл үйкеліске қарсы, үйкеліс және дірілді тоқтатқыш қасиеттер.

Үйкеліске қарсы пластмассалар металл ішпектердің және сырғыма мойынтіректің орнына кеңінен қолданылады. Үйкеліске қарсы материалдар ретінде сырғыма үйкеліс тораптарында термоактивтік (текстолит және АҚП) және термопластикалық пластмассалар (капрон, фторопласт) қолданылады. Осы материалдардың айырықша ерекшелігі олардың жұмысқа қабілеттілігі майлауыш болмағанда, сондай-ақ үйкеліс аймағына судың тиген кезде нашарламауы болып табылады. Осы шарттарда олар қолаға — дәстүрлі үйкеліске қарсы металл қорытпасына қарағанда едәуір баяу тозады. Бұдан басқа, пластмассалар үйкеліс тораптарында олармен түйіндес бұйымдарды айтарлықтай аз тоздырады. Капрон мойынтіректе жұмыс істейтін болат біліктің тозуы қола мене баббитке қарағанда анағұрлым аз.

Сонымен бірге, үйкеліске қарсы пластиктердің қолданылуы шектелгенін атап өткен жөн, себебі олар аз жүктелген үйкеліс тораптарында ғана жұмыс істеуге қабілетті: кішігірім қысым кезінде (төмен механикалық қасиеттеріне байланысты) және жоғары емес жылдамдық, яғни төмен температура кезінде. Әдетте, полимерлік мойынтіректердің істен шығуы үйкеліс беттерінде температураның жоғары болуымен байланысты, бұл ретте реактопласттар көмірленеді, ал термопласттар ериді және ағады; пайдалануды қол жетімді температурасы кемінде 80°C .

Үздік үйкеліске қарсы қасиеттерге фторопласт-4 ие. Фторопласт-4 болатпен және шойынмен жұпта үйкеліс коэффициенті қолаға қарағанда бірнеше есе төмен. Осылайша, сырғу жылдамдығы 20 мм/мин кезінде СЧ20 шойынмен жұпта үйкеліс коэффициенттері келесіні құрайды: БрОЦС6-6-3 қола үшін — 0,19, ЦАМ10-5 мырыш

қоспасы үшін — 0,15, фторопласт-4 — 0,04, яғни 3 — 5 есе аз.

Фторопласт-4 жеткілікті жоғары жылуға төзімділікке және температура көтерілген кезде қасиеттердің тұрақтылығына ие, алайда жоғары емес беріктігі мен суықтай аққыштығына байланысты, оның таза түрінде қолданылуы аз жүктелген үйкеліс тораптарында ғана мүмкін. Өнеркәсіпте фторопласт-4 негізінде газбен толтырылған материалдар қолданылады: Ф4К20 және Ф4К15М5, онда әріптер мынаны білдіреді: К — кокс, М — молибден сульфиді $Mo^{\wedge}$.

Фторопласт-4 негізіндегі материалдар мен текстолит бағытталы сырғу үшін қолданылады. Фторопласт-4, капрон және бірқатар басқа да полимерлік материалдар сырғыма мойынтіректерін жасау үшін қолданылады. Сонымен қатар, үлкен жүктемені көтеретін құрама металл пластикалық мойынтіректер өндіріледі.

Үйкеліс пластмассалар тежеуіш құрылғыларында, ажыратқыштын үйкеліс муфталарында қолданылады. Анағұрлым кеңінен қолданылуын *үйкеліс асбестті полимерлік материалдар* (ҰАІМ) тапты. Бұл асбесттің қасиеттерімен байланысты: ыстыққа төзімді, шойынмен және болатпен жұпта үйкеліс коэффициенті жоғары (0,43... 45). Бұдан басқа, үйкеліс бетін ластанудан тазалауға қабілетке ие.

ҰАІМ «феродо» (ағылшын фирмасының атауы) деп жалпы атаумен жиі атайды, алайда осы материалдардың қасиеттері байланыстырушы заттың және асбестті толтырғыштың типі мен санына байланысты ерекшеленетінін атап өткен жөн.

ҰАІМ жасау үшін каучук, шайыр және құрама байланыстырушылар қолданылады. Асбестті мата, картон, асбестті масса ретінде қолданылады. Каучук байланыстырушыдағы асбестті полимерлік материалдар (ЭМ-1, ЭМ-2) — түрлі радиустармен иіліске жол беретін жұмсақ иілгіш пластмассалар; олар жоғары ыстыққа төзімділігі жоқ, пайдалану температурасы 200 °С жоғары емес. ҰАІМ анағұрлым жоғары ыстыққа төзімділікке ретинакс-А және ретинакс-Б маркалары ие, олар тиісінше 1000 және 700 °С дейін қысқа мерзімді қыздыруға жол береді және бетті 300 °С дейін қыздыру кезінде ұзақ жұмыс жасайды. Ретинакс-А жабдықталған жез сымы бар асбестті шайыр материалдан қалыптастырылады, ол ретинакс-Б сымның жоқтығымен ерекшеленеді. Түрлі ҰАІМ беріктігі 15.48 НВ шегінде ауытқиды. Осындай төмен беріктік ҰАІМ жасалатын жеңіл ауыстырылатын қаптамалармен тежеу кезінде байланыс жасайтын металл бұйымдардың аз тозуын қамтамасыз етеді, бұл үйкеліс тораптарының жұмыс жасау мерзімін ұзартады.

12.2. Шыны

12.2.1. Жалпы сипаттамасы

Шынының құрылымы қатты кристалдық заттың және сұйықтықтың

құрылымдары арасындағы аралық болып табылады. Кристалдық заттарға қарағанда шынылар кристалдық емес *аморфты (шыны тәріздес)* жағдайда болады, бұл ретте оның атомдарының реттелмеген орналасуымен сұйықтықтан атомдар орналасуының жақын реттілігімен ерекшеленеді, алайда алыс реттілік (кезеңділік) шыныларда болмайды. Жыны жасау температурасы кезінде сұйықтық нәзіктікті қабылдай отыра, шыны тәріздес күйіне өтеді.

Шыны тәріздес күйі айналымалы болып табылады. Тепе-теңдік жағдайға жету үші жеткілікті ұзақ ұстамдылық кезінде ғана зат кристалдық құрылысын алады. Шынылар айналымалы құрылымына орай әйнек алуға, яғни аморфты құрылымын кристалдыққа ауыстыруға бейімділігі бар.

12.2.2. Органикалық емес шыны

Органикалық шынылардың құрылысы мен құрамы. Шыныны құрайтын (шыныны жасаушы) заттар — сұйық жағдайында аса жоғары жабысқақтығына ие кремний, бор және фосфор оксидтері.

1600 °C температура кезінде шынылардың жабысқақтығы шамамен 10 Па • с; салыстыру үшін бөлмелік температура кезінде судың жабысқақтығы 0,001 Па • с, машиналық май — 0,1...0,6 Па • с, глицерин — 0,9 Па • с құрайды. Химиялық қосылыстар үшін тән молекула аралық әсердің мәндік күштерімен негізделген жоғары жабысқақтық диффузия процестеріне баса отырып, кристалдық торлардың құрылуына қарсы тұрады. Сондықтан органикалық емес шынының жасалуы салқындатудың жоғарыдан тыс жылдамдықты талап етпейді.

Шыныны өндіру (пісіру) 1300.2100 °C температура кезінде шыныны пісіру пештерінде жүзеге асырылады, бұл ретте ұшпалы заттар (H_2O , CO_2 , SO_3) жойылады, ал шыны жасаушы заттар салқындату кезінде шыны массасы ретінде қатады.

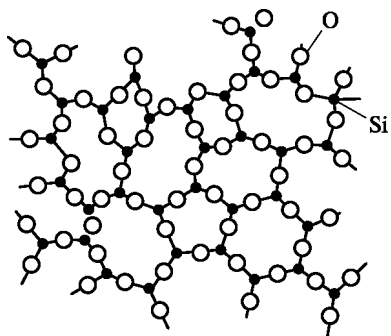
Силикат органикалық емес шынылардың негізгі құрамдауышы (олардың шыны өндірісіндегі үлесі басым) *кремний оксиді* болып табылады, өзге шыныны жасаушы заттар шынылар құрамына кіруі мүмкін. Шынылардың құрылымдық бірлігі ішінде кремний бір катионымен орналасқан оттегінің төрт анионымен құрылған байланыстың иондық типімен (тетраэдр — төрт ұшбұрышты қырымен көп қырлы дене) SiO_4 кремний оксидінің тетраэдр ұяшығын білдіреді.

Шынының құрылымы — бұл тетраэдр ұштарында орналасқан оттегі атомдарының қосылыстары есебінен құрылған дұрыс емес үш өлшемді тор (каркас); оның екі өлшемді үлгісі 12.4-суретте келтірілген.

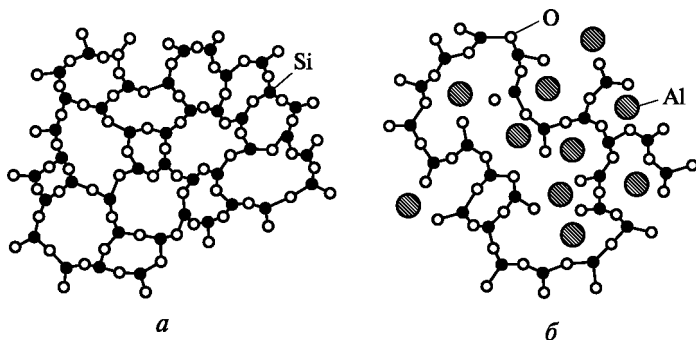
Органикалық емес шынының құрамына негізгі шыны жасаушы кремний оксидінен басқа басқа да элементтердің оксидтері кіруі мүмкін.

Сілтілі (Na_2O , K_2O) және сілтілі-топырақты (MgO , CaO) металдардың оксидтері *модификаторлар* болып табылады — олар тордың құрылысын өзгертеді. Осы металдардың үлкен иондары торға қосылмайды, керісінше иондық байланыстармен ұсталатын буынаралықта орналасады. Оттегінің қосымша атомдары, керісінше, торға қосылады, алайда теріс иондардың артық болу салдарынан байланыстардың бөлшегі ажырайды (12.5, а-сурет), бұл тордың беріктігін әлсіретеді және нәтижесінде жабысқақтықтың азаюына әкеледі. Осылайша, кремнеземге N_2O натрий оксидінің 15 % және калиций оксидінің 10 % қосу жұмсарту температурасын 1600-ден 700°C дейін төмендетеді (осы температурадан жоғары шыны өзінің салмағының әсерінен ағады).

Аралық құрамдауыштарға алюминий, темір, қорғасын, бериллий оксидтері жатады, олар таза түрінде шынының каркасын өздігінен жасай алмайды, алайда шыныны жасаушы оксидтерді ішінара алмастыруға қабілетті. Бұл ретте олар шынының құрылымын өзгертеді, оған қажетті қасиеттерді береді. 12.5, б-суретте глиноземмен (Al_2O_3) және кремнеземмен (SiO_2) құрылған шынының құрылымы көрсетілген.



12.4-сурет. Органикалық емес силикат шыны құрылысының схемасы



12.5-сурет. Силикат шыны құрылысының схемасы: а — модификатормен; б — аралық оксидпен

Шыны шыныны жасаушы заттардың материалы және модификаторлардың құрамы бойынша сыныпталлады. Шыныны жасаушы затының материалы бойынша шыны *силикат* (SiO_2), *алюмосиликат* ($\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$), *алюмоборосиликат* ($\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$) және басқаларға бөлінеді. Модификаторлардың құрамы бойынша *сілтілі* (15 % дейін Na_2O , K_2O , CaO), *сілтісіз* (құрамында кемінде 5 % сілтілі модификаторлар бар) және *кварц* (модификатор жоқ, 99,5 % SiO_2) болып бөлінеді.

Шынының қасиеттері. Қайта өңдеуде шынының *технологиялылығы* жұмсарту температураларымен және сұйық күйіне өтуімен айқындалады. Осы температура анағұрлым төмен болса, соғұрлым ол технологиялылы.

Шыны — термопластикалық материал, қыздыру кезінде оның жабысқақтығы төмендейді, ол бірте-бірте жұмсарады және сұйық болады. Жұмсарту температурасынан жоғары қыздыру кезінде жабысқақтықтың төмендеуі анағұрлым көзге түседі. Осындай қыздыру кезінде шынының жабысқақтығы $10^2 \dots 10^7$ Па • с құрайды және ол жақсы құрастырылады. Бұйымдар үрлеумен, созумен, жұқартумен және басқа да тәсілдермен алынады. Шыныға мойынды құрмай, созылу тән, сондықтан шыны талшықтары фильераны қолданбай ұзартуға болады. Шыныдан жасалған бұйымдар күйе әдістерімен де алынуы мүмкін.

Құрамында модификаторлары жоқ кварц шыны жұмсартудың және сұйық күйіне өтудің ең жоғары температурасына ие, аталған технологияларды қолдана отырып, одан бұйымдарды жасау қиынға түседі. Жоғары технологиялылыққа сілтілі натрий-кальций шынысы ие, ол оның құрылымы — үзілген каркас шынысымен айқындалады. Шыныны механикалық өңдеу оның жоғары беріктігіне байланысты алмаз (кесу) немесе абразив (тегістеу және жылтырату) құралымен жүзеге асырылады.

Шынының *тығыздылығы* құрамына қарай ауыр оксидтердің — қорғасын, барий болуымен 2,2,6,5-тен 8,0 г/см³ дейін шегінде өзгереді.

Шынылар үшін анағұрлым маңызды *оптикалық қасиеттері* болып табылады. Қарапайым боялмаған табақ шыны 90 % дейін өткізеді, шамамен 8 % көрсетеді және көрінетін және ішінара инфрақызыл жарықтың шамасында 1 % жұтады, ультракүлгін сәуле іс жүзінде толықтай жұтады. Электр магниттік толқындардың анағұрлым кең жолағы кварц шыныны — қатты ультракүлгіннен ($\lambda = 160$ нм) инфрақызылға дейін өткізеді. Сирек жер элементтерімен қосындыланған шыны ультракүлгін сәулені ұстайды. Жеңіл элементтермен (бормен, берилиймен, литиймен) қосындыланған шыны рентген сәулені өткізеді, ал ауырмен (қорғасынмен) қосындылау барысында — ұстап қалады. Құрамында темір мен фосфаттар бар шынылар жылуды, яғни инфрақызыл сәулені ұстайды. Кейбір металдардың оксидтерін енгізу шыны түсті қылады. NiO никель оксиді

кызыл түсті береді, GeO , UO_3 германий және уран оксидтері — сары, Cr_2O_3 хром оксиді — жасыл, CuO мыс оксиді — көк, MnO марганец оксиді — қоңыр және күлгін түсті береді.

Шынының *электр қасиеттері* үлестік кедергінің жоғары мәндерімен сипатталады. Жақсы өткізгіштікке тұйықталмаған шыны арқылы өтетін сілтілі металдар иондарының диффузиясы есебінен сілтілі шынылар ие. PbO және BaO ауыр металдардың оксидтері иондардың қимылын азайтады, бұл электр оқшаулау қасиеттерін арттырады; құрамында осы оксидтер бар шынылар электр техникалық өнеркәсіпте қолданылады. Шынылар үлкен диэлектр өткізгіштікке ие және тесікке қарсы тұруы да жеткілікті аса жоғары.

Шынылардың *жылу өткізгіштігі* төмен — $0,7...1,5 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ шегінде, бұл жақын жылуды оқшаулау қасиеттер, олар шыны пакетін — екі шынының конструкциясын және олар арасындағы ауа аралығын қолдану есебінен арттады.

Шынылардың *химиялық төзімділігі* қышқыл ортада жоғары. Ерігіштік $0,01...0,1 \%$ құрайды, ерекшелік ретінде шыныны толықтай ерітетін фосфор (H_2PO_3) және балқымалы (HF) қышқылдары болып табылады. Сілтілі орталарда беріктік төмендейді, ерігіштік $0,5...2 \%$ құрайды. Аз химиялық төзімділікке сілтілі шынылар ие.

Шынының механикалық қасиеттері: бөлмелі температура кезінде шынының серпімділік модулі шамамен 70 ГПа тең (алюминий қоспаларына жақын), беріктік 750 НВ аспайды (беріктігі шындалған құралды болаттан төмен).

Шынының беріктігі барлық басқа материалдарда сияқты жүктеу шарттарына байланысты. Бөлмелік температура және беріктік шегінен асы түсетін жүктемелер кезінде шыны сынады, яғни пластикалық өзгерістерсіз нәзік бұзылады. Шыны бетінің жағдайы маңызды мәнге ие: кернеудің концентраторлары болып табылатын және беріктікті күрт төмендететін іздердің, микрожарықтардың және басқа да ақаулықтар. Үлкен беріктік кварц және сілтісіз шыныларда, ал шағын беріктік — сілтілі шыныларда бар. Шынылардың беріктік шегі қысу кезінде жоғары, ол $500...2000 \text{ МПа}$ құрайды. $400...600 \text{ }^\circ\text{C}$ температура кезінде шынының жабысқақтығы азаяды, тығыз деформация іс жүзінде жоқ және шыны өзін жабысқақ сұйық ретінде ұстайды.

Шынылар статистикалық қажуға ұшырайды, ол тұрақты жүктеу шарттарында ұзақ жүктеу кезінде беріктіктің жоғалуында көрінеді. Статистикалық қажу шыны бетіне атмосфераның (судың буы) әсер етуімен байланысты, сондықтан сынау кезінде вакуумда осы әсер тіпті шағын.

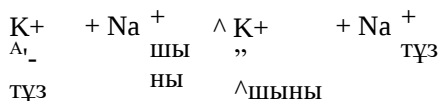
Механикалық қасиеттерді арттыруға мүмкіндік беретін бірқатар тәсілдер бар, соның ішінде статистикалық қажуға қарсы тұру және шынының ыстыққа төзімді болуы.

Шынының *шынықтырылуы* шыны жасау температурасынан жоғары қыздыруында және одан кейін ауа ағынында немесе майда тез салқындатуында негізделеді. Бұл ретте шынының бетінде қысу

кернеулерін туындайды, олар созылатын кернеудің орнын толтырады (төмендетеді). Пайдалану шарттарында шынының бетінде созылмалы кернеулер туындауы үшін белгілі бір жүктемені қосу қажет. Беріктік шегі 2 — 4 есе арта түседі. Қыздырылған шынының ыстыққа төзімділігі 2 — 3 есе өседі.

Кремний органкалық сұйықтықтарда шынықтыру бетте полимерлік қабықшаның құрылуына әкеледі, бұл қарапайым шынықтырумен салыстырғанда қосымша әсер береді, әсіресе статистикалық қажуға қарсы тұруға әсер етеді.

Құрамында Na_2O натрий оксиді бар сілтілі шынылар K_2SO_4 тұздың балқытпасында шыныны қыздыруда негізделетін жоғары температуралық химиялық өңдеу кезінде орнығысады.



Осы жағдайда иондық алмасу реакциясы жүреді:

Калий ионының диаметрі натрийге (тиісінше 0,27 және 0,19 нм) қарағанда артық болғандықтан беттік қабаттарда қысу кернеулері туындайды.

Беріктік шыныны балқытпалы қышқылмен өңдеу кезінде артады, нәтижесінде беттік ақаулықтар жойылады немесе тегістеледі.

Шынының сынуы еркін пішіндегі өткір сынықтардың ккп санының құрылуымен сүйемелденеді, бұл қауіптілікке ұшыратады. Осыдан триплексті қолданған кезде құтылуға болады. Триплекс — бұл мөлдір иілгіш полимерлік қабықшамен желімделген шындалған шынының екі табағы. Триплекс бұзылу барысында құрылған сынықтар ұшпайды, оларды қабықша ұстап қалады. Триплекстер тегіс және бүгілген болып жасалады (автомобильдің алдыңғы шынысы).

Шыныны қолдану. Шыныны адамзат баласы шамамен бес мыңжылдықтай қолданады. Бірінші кезеңде ол ыдыс-аяқ және әшекей заттарды жасау үшін қызмет етті, одан әрі ғана құрылыста өз орнын тапты. Терезелерге алғашқы шыны жасау 1-ші мыңжылдықтың соңына жатқызылады. Қазіргі уақытта қасиеттердің әмбебап үйлесуі арқасында (оптикалық, электр, химиялық) шыны өнеркәсіптің түрлі салаларында және тұрмыста кеңінен қолданылады.

Кішігірім көлемді шыны ыдыстың және табақ құрылыс шынысының өндірісі алады. Осы мақсаттар үшін жасыл бөтелке шынысы (шыны ыдысы) және сілтілі табақ шынысы (ғимараттарға шыны салу) қолданылады. Көліктік құралдарға шыны салу үшін триплекстер, шындалған шынылар, шыны пакеттері қолданылады. Құю цехтерінің үй-жайларына шыны салу құрамында темір және ванадий оксидтері бар шынылармен жасалады, себебі олар инфрақызыл сәуленің шамамен 70 % жұтады.

Оптикалық шыны шағын бүктелумен ерекшеленетін крондарға

және флинттерге — құрамында қорғасын оксиді бар және рентген сәулесін өткізбейтін ауыр шыныларға бөлінеді.

Диэлектр шыны ретінде жарық шамдары үшін, электр вакуумдық құрылғыларда және окшаулағыш ретінде қолданылады.

Химиялық төзімді материал ретінде шыны агрессивті сұйықтықтарды сақтау үшін құбырларды, аппаратураларды, сыйымдылықтарды жасау үшін химиялық және ас өнеркәсібінде қолданылады.

12.2.3. Ситалдар

Ситалдар (атау «шыны» және «кристалл» сөздерінен құрылған) реттелетін кристалдандыру жолымен шыныдан алынады. Аморфты шыныны жасаушы күйінен зат тепе-теңдік кристалдық жағдайына талпынады. Осы көшу кристалдандыру орталықтарының туындауы және олардың өсуі кезінде диффузиялық процестерінің нәтижесінде ғана жүзеге асырылады. Алайда, төмен температуралар кезінде диффузия жылдамдығы тіпті аз болғанда (іс жүзінде нөлге тең) кристалдандыру жүрмейді. Кристалдандыруды қыздырумен алуға болады; дәл осылайша — шыныны қыздыру — ситалл алынады. Кристалдандыру процесі металдар мен қорытпалардың құрылымдарын қалыптастыру кезінде орын алатын сияқты сұйықтықты салқындату кезінде емес, керісінше шыныны балқыту температурасынан анағұрлым төмен температураларға жейін қыздыру кезінде жүреді. Шынының ситалға айналуының салыстырмалы төмен температурасы жоғары жабысқақтықпен қатар кристалдандырудың төмен жылдамдығымен шартталады, бұл кристалдандыру орталықтарының көп саны кезінде құрылатын кристалдардың анағұрлым кіші өлшемін анықтайды (0,01 ...2,0 мкм).

Ситалдардың құрылымын қалыптастыру екі сатыда жүреді. Бірінші сатыда кристалдандыру орталықтары құрылады, ал екіншісінде — осы орталықтардың өсуі, яғни кристалдандыру аяқталады. Кристалдандыру орталықтарының құрылу тетігі бойынша ситалдар фотоситалдарға және термоситалдарға бөлінеді.

Фотоситалдарда орталықтар шыныны ультракүлгін жарықпен сәулелендірумен және одан әрі күйдірумен қалыптастырылады. Осы материалдардың құрамында платина топтары металл қосылыстарының (алтын, күміс) едәуір шағын қоспаларын енгізіледі (0,01.0,001 %). Сәулелендіру барысында бос электрондар құрылады, олар иондардың бір бөлігін металл жағдайына дейін қалпына келтіреді. Күйдіру кезінде осы атомдар топтастырылады және кристалдандыру орталықтарын құрайды. Орталықтардың тығыздылығы сәулелендіру шарттарына байланысты — ол интенсивті және біркелкі сәулелендіруден кейін жоғары және біркелкі болады. Осы шартты сақтамау барысында ситалда сәулелендіруге ұшырамаған учаскелер болуы мүмкін, оларда

орталықтар жоқ және кристалдандыру жүрмейді. Фотоситалдар құю топтарынан жасалған шыныдан алынады.

Термоситалдардың кристалдандыру орталықтары ыстықтау өңдеу — күйдіру нәтижесінде туындайды. Термоситалдар TiO_2 титан оксидінің (анағұрлым қолданылатын құрамлауыш, оның саны 2-ден 20 % дейін), FeS темір сульфидінің қоспаларымен MgO — Al_2O_3 — SiO_2 , CaO — Al_2O_3 — SiO_2 жүйелерінің шыныларынан алынады.

Күйдіру барысында ұстау температурасы мен уақытын реттей отырып, кристалдандырудың түрлі дәрежесімен және тиісінше қажетті қасиеттерімен құрылымды алуға болады.

Ситалдардың қасиеттері дәннің аз шамасымен айқындалады. Ұсақ дәнді құрылым оларға кеуектіліксіздікті және газ өткізбеушілікті береді. Осы ерекшелік шынымен салыстырғанда ситалдардың механикалық қасиеттерін едәуір арттыруға мүмкіндік береді. Беріктік шегі созу барысында бастапқы шынымен салыстырғанда 70... 120 МПа дейін артады. Кейбір ситалдардың беріктік модулі магний, алюминий және титан қорытпаларына қарағанда 140 ГПа жетеді. Үлкен беріктік пен қаттылыққа кремнеземмен ситалдар, берік еместікке — литиймен ситалдар ие. Ситалдар нәзік материалдар болып табылады, алайда олардың соққы жүктемесіне қарсы тұруы шыныларға қарағанда жоғары. Ситалдардың қаттылығы 400.700 HV шегінде ауытқиды, бұл олардың қажаяу кезінде жеткілікті жоғары тозуға төзімділігін айқындайды.

Ситалдардың сызықтық кеңеюдің температуралық коэффициенті кең шектерде өзгереді. Шағын мәндермен ситалдар жоғары ыстыққа төзімділікке ие және 700 °C температурасынан суда шыңдау барысында жарылмайды.

Ситалдардың электр қасиеттері жоғары үлестік электр қарсы тұрумен және электр беріктікпен сипатталады. Жоғары қарсы тұру шыныларға қарағанда 400 °C дейін қыздыру кезінде сақталады.

Ситалдардың көбі көрінетін жарық үшін мөлдір емес, олар ақ, сұр немесе қоңыр түске боялған. Ерекшелік ретінде құю ситалдары құрайды, себебі олардың кристалдарының өлшемдері жарық толқынының ұзындығынан шамамен 2 есе аз.

Ситалдар өзінің кеңінен қолданысын тапты. Жоғары химиялық төзімділік олардың агрессивті сұйықтықтарда, соның ішінде абразивтермен жұмыс істейтін бұйымдарды жасау үшін химиялық өнеркәсібінде қолданылуын айқындайды. Металдармен жұпта (0,2,0,25) үйкелістің шағын коэффициенті, майламай жұмыс істеу мүмкіндігі және жоғары тозуға төзімділігі арқасында, ситалдар майламай жұмыс істейтін үйкеліс жұптарында сырғыма мойынтіректерде қолданылады. Олардан полимерлік талшықтарды тарту үшін фильералар жасалады. Сонымен бірге, ситалдар электр механикалық және радио өнеркәсібінде қолданылады.

12.2.4. Органикалық шыны

Органикалық шыны — бұл полиметилметакрилат және өзге де акрил полимерлер негізіндегі термопластикалық полимерлер. Ол табак материалы түрінде алынады. Материал сәулені өткізеді — күн сәулесінің 92 %, ультракүлгін сәуленің 75 % өткізеді, рентген және g-сәулелендіруді ұстамайды. Силикат шыныларға қарағанда органикалық шыныда едәуір беріктіші аз (1180 кг/м^3) және нәзіктігі шағын. Органикалық шыны суда, спирттарда, қосылған қышқылдар мен сілтілерде жоғары химиялық төзімділікке ие. Органикалық шынының табиғи шарттарда тозуы баяу өтеді. Материалдың жетіспеушіліктеріне төмен қаттылықты жатқызуға болады. Бұдан басқа, температураның күрт ауысуы кезінде төмен жылу өткізгіштігі және сызықтық кеңеюдің жоғары температуралық коэффициенті салдарынан шыныда ұсақ жарықтар пайда болады, олар «күміс» деп аталады. Бұл мөлдірліктің жоғалтуына әкеледі. Органикалық шынының механикалық қасиеттерін, сондай-ақ оның ыстыққа төзімділігі мен «күмістенуге» төзімділігін арттыру бағдарлау жолымен мүмкін. Беріктік көп қабатты шыныны — триплексті қолдану есебінен артады.

Шамамен 80°C температура кезінде органикалық шыны жұмсара бастайды, 120°C жоғары қыздыру кезінде жеңіл қалыптастырылады.

Органикалық шыны көліктік құралдарға шыны салу үшін қолданылады, одан линзалар және басқа да оптикалық бұйымдар жасалады.

12.3. Сүрек

Сүрек маңызды құрылыс материалы, сондай-ақ қағаз өнеркәсібі үшін шикізат болып табылады.

Құрғақ сүрек 50...60% целлюлозаның сызықтық полимерінен тұрады, ал шамамен 25 % целлюлозаға ұқсас қосылыстардан және 25 % жоғары жабысқақтыққа ие лигнин деп аталатын сұйықтықтан тұрады. Сүректің құрылымы ұзын құбырлы торлардың көр санымен ұсынылады.

Сүректің түрлі сорттарының қасиеттері олардың тығыздылығымен айқындалады. Анағұрлым тығыздылыққа темір ағаш ие — $1,3 \text{ т/м}^3$, яғни ол суда батпайды. Ең аз тығыздылық балза деп аталатын ағашта — $0,15 \text{ т/м}^3$, дельтапландарды жасау, сондай-ақ кинода трюкті сахналарды түсіру барысында бутафория заттарын (жиһазбен төбеліс және т.б.) жасау үшін қолданылады. Бізге мәлім ағаштардың сүректері тығыздылықтың аралық мәндеріне ие: емен — $0,69$, қайың — $0,62 \text{ т/м}^3$.

Сүрек созуда жақсы жұмыс істейді, алайда беріктік шегі қысу кезінде сүректе ккптеген материалдарға қарағанда төменірек. Бұл қысу жүктемесін қосу кезінде құбырлы торлар кезекпен әрқайсысы тұтас емес, жеке бойлық бағытта бүгілуімен (бойлық бүгілу) түсіндіріледі.

Ағашты кесіп алған кезде сүрек көп суды қамтиды — құрғақ жағдайында массаның 100 % дейін. Судың басым бөлігі торлардың қуыс өзегінде болады. Кесіп алынған ағашта су қоршаған атмосферамен тепе-теңдікке қол жеткізгенге, баяу буланады. Ауаның ылғалдылығына байланысты судың тепе-теңдік қамтуы тиісінше құрғақ және ылғал ауада 5-тен 23 % дейін (құрғақ масса) ауытқиды. Өлшемдердің өзгеруі негізінен талшықтарға перпендикулярлы бағытта жүреді, ал бойлық бағытта оның өлшемі үлкен емес. Бұл ретте пішіннің өзгеруі де — жиырылуы мүмкін. Сондықтан құрғақ сүректі қолданған орынды. Алайда, ауаның ылғалдылығы ауытқуына байланысты, ағаштың (сүректің) өлшемдері тұрақты болып табылмайды. Бұдан басқа, суды қамтуы беріктікке әсер етеді. Құрғақ сүректің беріктігі жаңа ғана кесіп алынған сүрекке қарағанда шамамен 3 есе жоғары.

Сүрек машина жасауда кеңінен қолданылады (жүк автомобильдерінің борттары және шанақтардың едені, ыдыс, құйманың модельдік жабдығы). Осы материалдың құндылықтарына аз тығыздылықты, епінді және діріл жүктемелеріне жақсы қарсы тұруын жатқызуға болады. Сүрек кесумен жақсы өңделеді, желімделінеді.

Алайда, көрсетілген жетіспеушілігін басқа — ылғалды сіңіру, отқа төзімділіктің (бұл жанғыш материал) жоқтығын, сондай-ақ шіруге бейімділігін атап өткен жөн.

Ағаштан жасалған бұйымдарды шіруден сақтау үшін лакпен боялған немесе пластмасса жабындыларымен бояу қажет. Тұздың ерітінділерімен сіңіру қолданылады: натрий фториді NaF , жез сульфаты CuSO_4 және басқалары. Тұтануды төмендету үшін отқа қарсы лактар мен бояғыштар қолданылады.

Сүректі қысу қыздырылған ағаш жоңқаларды қысумен алынады. Қысылған материалдардың беріктігі қарапайы сүрекке қарағанда 2 — 3 жоғары.

Шере — ағаш кілттерінің табақтарын желімдеумен алынған табак материал. Шеренің жуандығы 1...12 мм, анағұрлым жуан желімделген конструкциялар тақталар деп аталады. ФСФ шересі жоғарылатылған, ФК және ФБА — орташа, ФБ — төмендетілген суға төзімділігіне ие. Шеренің суға төзімділігі қолданылатын желімге байланысты. Шере жоғарылатылған суға төзімділігіне ие.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Полимерлердің құрылымын сипаттаңыз.
2. Сіз пластмассалардың қандай түрлерін білесіз?
3. Эластомерлердің ерекшеліктерін атаңыз.
4. Резеңке қалай алынады?

5. Пластмассалардың қасиеттерін сипаттаңыз. Оларды қолдану облыстарын атаңыз.
6. Органикалық емес шынылардың құрылымын сипаттаңыз.
7. Шынының қасиеттеріне сілтілі металдардың оксидтерімен қосындылау қалайшы әсер етеді?
8. Шынының механикалық қасиеттерін қалай арттыруға болады?
9. Ситалдардың құрылымын сипаттаңыз.
10. Ситалдар қалай алынады?
11. Органикалық және органикалық емес шынының қасиеттерінде қандай айырмашылықтар бар?
12. Сүректің құрылымын сипаттаңыз.
13. Сүрек қандай жүктемені ұстай алады?
14. Ылғалдылық сүректің қасиеттеріне қалай әсер етеді?

КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР**13.1. Жалпы сипаттамасы**

Композициялық материалдар (композиттер) екі немесе одан да көп құрамдауыштан тұрады, бұл ретте әрқайсысы өзінің қасиеттерін сақтайды.

Құрамдауыштардың бірі — *матрица* — материалдың тұтастылығын құрайды. Матрицаның ішінде таралған өзге де құрамдауыштар жабдықтайтын (күшейтілген) болып табылады. Осы материалдардың сызықтық және көлемдік кеңеюдің температуралық коэффициенттері температура өзгерген кезде құрамдауыштар арасында бөлім шекараларында тұтастылық бұзылмауы үшін жақын болуы тиіс.

Матрицалық материал металдар, қорытпалар, термоактивтік немесе термопластикалық полимерлер, керамика немесе өзге де заттар болуы мүмкін. Жабдықтайтын құрамдауыштар — бұл ұсақ дисперсиялық ұнтақ немесе түрлі жаратылыстағы талшықты материалдар. Жабдықтайтын материалдың түрі бойынша композиттер екі негізгі топқа — *дисперсиялық-беріктендірілген* және *талшықты* болып бөлінеді.

13.2. Дисперсиялық-беріктендірілген композиттер

Дисперсиялық-беріктендірілген композициялық материалдың құрылымы. Осы материалдың құрылымы металл матрицасын білдіреді, онда екінші құрамдауыштың *ұсақ дисперсиялық бөлшектері* біркелкі орналасқан. Осындай материалдардың орнығысуына дисперсиялық қаттумен металл қорытпаларында, мысалы Al— Cu жүйесінде жүретіндей ұқсас орындарды ауыстыруға кедергілерді құру есебінен қол жеткізіледі. Анағұрлым орнығысуға екінші орнығысу фазасы ретінде қаттылықтың, беріктіктің, сондай-ақ жоғары химиялық төзімділіктің жоғары мәндеріне ие химиялық қосылыстардың бөлшектерін: карбидтерді, нитридтерді, оксидтерді қолдану кезінде қол жеткізіледі.

Дисперсиялық-беріктендірілген композитті алудың анағұрлым таралған технологиясы — ұнтақтық металлургия. Өнеркәсіпте алюминий, магний, титан, никель, вольфрам және басқа матрицалармен

композиттердің қолданысы табылды.

Алюминий негізіндегі композиттер. Al_2O_3 оксидті бөлшектермен нығайтылған өзін алюминий матрицасы ретінде ұсынатын ҚАҰ (қақталған алюминий ұнтағы) типінің композиттері кеңінен, әсіресе авиация өнеркәсібінде қолданылады. Композиттің қасиеттері алюминий оксидінің санымен айқындалады.

Цехтық температура кезінде ҚАҰ механикалық қасиеттері беріктігі жоғары алюминий қорытпаларына қарағанда төменірек. Олардың негізгі артықшылығына температура $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ жоғары болған кезде алюминий қорытпалары өздерінің беріктігін жоғалтқанда қол жеткізіледі. Осылайша, $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ кезінде ҚАҰ қорытпаларының беріктік шегі $80\ldots 120\text{ МПа}$ құрайды, ал Д19, Д20, АК-4 қорытпаларында 5 МПа аспайды.

Бериллий негізіндегі композиттер. Осы композиттер жоғары температуралар кезінде ұзақ жұмыс жасауға арналған. Бериллий матрицасы беріктендіру ретінде BeO оксиді және Be_2C бериллий карбиді қолданылады. Сырғыстықтың анағұрлым тиімді қарсы тұруы $\text{Be} - \text{Be}_2\text{C}$ жүйесінің композиттерінде артады. $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурасы кезінде композиттің 100-сағаттық беріктігі таза бериллий беріктігінен 3 есе, ал $730\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурасы кезінде — 5 есе жоғары.

Магний негізіндегі композиттер. Оттегінің магнийдегі елеусіз ерігіштігі оны түрлі оксидтермен беріктендіруге мүмкіндік береді. Едәуір әсерге оксидтің шамамен 1% енгізу кезінде қол жеткізіледі. Магний негізіндегі композиттер төмен тығыздылыққа, жоғары ұзақ беріктікке және сырғыштықтың жоғары қарсылығына ие. Массасы шағын және беріктігі жоғары бұйымдарды жасау үшін авиацияда композиттің қолданылуы анағұрлым перспективті.

Никель және кобальт негізіндегі композиттер. Осы композиттер жоғары температуралар — $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ астам кезінде пайдалануға арналған. Беріктендіруге 2.4% шамасында торий оксидтерін немесе гафнийді енгізу есебінен қол жеткізіледі. Осы композиттердің матрицалары таза металдардан немесе олардың негізіндегі қорытпалардан тұрады. Осылайша, матрица ретінде нихром ($80\%\text{Ni}$, $20\%\text{Cr}$), циркониймен (2%) кобальттың қорытпасы қолданылады. Нихром негізіндегі композиттер таза никель композитімен салыстырғанда $600.800\text{ }^{\circ}\text{C}$ дейін температура кезінде аса жоғары беріктікке ие. Кобальт матрицасын циркониймен қоспалау температуралардың барлық диапазонында механикалық қасиеттердің артуына әкеледі, алайда бұл ретте материалдың иілімділігі айтарлықтай төмендейді. Композиттерді негізгі қолдану — авиация және ғарыш техникасы.

13.3. Талшықты композиттер

Құрамдауыштарға қойылатын талаптар. Талшықты композиттерде матрица (көбінесе иілімді) жүктемені қабылдайтын беріктігі жоғары талшықтармен (жіп тәрізді кристалдар, сыммен және басқалармен)

жабдықталған, оның есебінен композиттердің беріктігіне қол жеткізіледі. Осылайша, белгіленген пайдалану шарттары үшін алдын ала берілген сипаттамалармен материалдарды немесе тікелей бұйымдарды жасау мүмкіндігі бар. Талшық пен матрицаның материалдары арасында матрица мен талшықтың сызықтық кеңеюдің температуралық коэффициенттерінің түрлі болу нәтижесінде туындайтын қыздыру кернеуінің әсер етуі кезінде композиттің тұтастылығын қамтамасыз ететін қатты адгезиялық байланыс болуы тиіс.

Талшықты композиттердің қасиеттері матрица мен талшық материалдарының табиғатымен, сондай-ақ жабдықтау қасиеттерімен айқындалады; оларды дәл осы параметрлер бойынша сыныпталады.

Матрица композиттің бүтіндігін қамтамасыз ету, бұйымның пішінін және жабдықталатын талшықтардың өзара орналасуын белгілеу қажет.

Жабдықталған талшықтар пайдалану процесінде туындайтын негізгі кернеуді қабылдайды және талшықтың бағдары бағытында композиттің қаттылығы мен беріктігін қамтамасыз етеді. Осылайша, талшықтар жоғары беріктік пен қаттылыққа, яғни *E* серпімділіктің ең үлкен модуліне, химиялық тұрақтылығына ие болуы тиіс және осы қасиеттерді пайдалану температураларының интервалында сақтау қажет.

Талшықтың композиттердің сыныптамасы. Композит матрицасының материалына байланысты *пластикқа* (полимерлік матрица), *металл композиттеріне* (металл матрицасы), *керамикалық матрицасы бар композиттерге* және *көміртегіден жасалған матрицаға* бөлінеді.

Композициялық материалдарды құру барысында *шыныдан, бордан, көміртегіден, металл сымынан* және *жіп тәрізді оксид кристалдардан, нитридтерден* және басқа да химиялық қосылыстардан жасалған беріктігі жоғары талшықтар қолданылады.

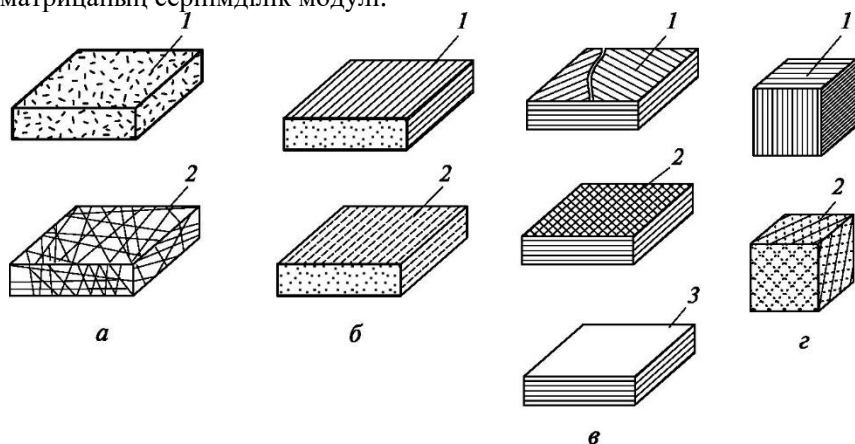
Жабдықталған құрамдауыштар композиттердің құрамына моноталшықтар, сымдар, бұрау, торлар, маталар, ленталар, кенептер ретінде енгізіледі.

Композиттердің қасиеттері едәуір дәрежеде *жабдықтау әдістеріне*, яғни конструктивтік белгісіне, сондай-ақ сыныптау негізіне салынған белгісіне тәуелді (13.1-сурет). Қабаттардан құрылған, үздіксіз паралельді талшықтармен жабдықталған; маталармен жабдықталған (текстолиттер) композиттер болады. Талшықтардың орналасуы бағытталған (бір немесе көп бағытталаы), хаостық, кеңестікті (екі өлшемді немесе үш өлшемді) болуы мүмкін.

Композиттердің беріктігі және олардың бұзылу ерекшеліктері. Бір бағытты композит үшін жүктеме қосымшасының бағыты талшықтың бағытымен сәйкес келген жағдайда матрицамен және талшықпен қабылданатын жүктемелердің қатынасы келесідей:

$$\rho v / \rho m - E^a V^a / (E m V m)_j$$

мұнда P^B және l^{2M} — матрицаға және тиісінше талшыққа жүктеме; V^S және V^M — талшық пен матрицаның көлемі; E^B және E^M — талшық пен матрицаның серпімділік модулі.



13.1-сурет. Талшықты композиттердің конструктивтік белгісі бойынша сыныптамасы:

a — қысқа (1) және үздіксіз (2) талшықпен хаостық жабдықталған; *б* — үздіксіз (1)

және қысқа (2) талшықпен бір өлшемді жабдықталған; *в* — үздіксіз жіптермен (1, 2) және маталармен (3) екі өлшемді жабдықталған; *г* — жіптердің үш тегімен (1) және жіптердің тегімен (2) кеңістікті жабдықталған

Осыдан талшықтармен қабылданатын жүктеме жоғары болған сайын, матрицамен салыстырғанда олардың *беріктік модулі* және *көлемдік үлесі* көп болғанын атап өткен жөн.

Талшықтардың кішігірім көлемдік үлесі кезінде композиттің беріктігі матрица беріктігінен төмен болады, себебі талшықтар шекті кернеуге дейін тез жүктеледі және бұзылады. Өлдебір дағдарысты көлемінен бастасақ ($K_{\text{крит}}$), композит өсе бастайды, талшықтың белгілі бер көлемі кезінде матрицаның беріктігіне қол жеткізеді. Талшықтардың көлемдік үлесі одан әрі ұлғаюы σ^M матрицаның беріктік шегінен едәуір асып түсетін композиттік беріктік шегін алуға болады. Талшықтың көлемдік үлесінен композиттің беріктік шегіне тәуелділігі σ^{TM} келесідей теңдеумен сипатталады

$$\sigma^{TM} = \sigma V + \sigma^1 V^M,$$

мұнда σ — талшықтың беріктік шегі; σ^M — матрицаның аққыштық шегі.

Талшықтардың көлемдік үлесі шамамен 80 % болған кезде композиттің механикалық қасиеттері төмендейді, себебі талшық пен матрица арасындағы жалғасуы нашарлайды, яғни матрица әр талшықты сулауға және сіңіруге жағдайы жоқ. Бір бағытты талшықты композиттер анизотропиялы. Талшықтың бағытын бойлай композиттің беріктігі

матрицаның беріктігінен едәуір жоғары, перпендикулярлық бағытта матрицаның беріктігіне тең, басқа бағыттарда аралық мәндері бар.

Композиттерді бұзу жұмысы жарықтардың таралу бағытына байланысты. Жарықтың таралуына талшыққа бойлай қарсы тұру көлденең бағытқа қарағанда едәуір төмен. Бірінші жағдайда бұзылу жұмысы матрицаның қасиеттерімен ғана анықталады. Екінші жағдайда ол матрицаны пластикалық өзгертуге, талшық пен матрицаның байланысын бұзуға, талшықты матрицадан жұлып алуға жұмыстардың сомасынан қалыптасады.

Талшықты композиттердің ерекше белгісі қандай да бір талшықтың бұзылуы кезінде матрицаның жоғары иілімділігі нәтижесінде кернеудің басқа талшықтар арасында қайта таралуы болып табылады. Осының арқасында композиттің беріктігі жалпы алғанда аз ғана төмендейді, бұл дәстүрлі металл материалдары алдында композиттің артықшылықтарының бірі болып табылады.

Жабдықтайтын құрамдауыштар мен матрицалардың материалдары. *Жабдықтайтын құрамдауыштар* ретінде моноталшықтар, бұраулар немесе маталар қолданылады. Талшықтардың келесідей типтері негізінен қолданылады.

Жабдықтайтын құрамдауыштардың (талшықтардың) материалдары. Шыны талшықтар металл емес матрицамен композиттердің құру барысында кеңінен қолданылады. Кішігірім тығыздылық кезінде олардың беріктігі мен жылуға төзімділігі жоғары, химиялық және биологиялық әсерлерге бейтарап. Үздіксіз талшықтар диаметрі 0,8...3 мм болатын фильера арқылы балқыған шыны массасын тартумен және одан әрі оларды 3...19 мкм болатын диаметрге дейін тез тартумен алынады. Шыны талшықтардың беті тасымалдау және технологиялық операциялар кезінде талшықтардың қажалуын болдырмау үшін майланады (мысалы, парафин майымен).

Органикалық талшықтар полимерлік матрицасы бар композиттерді алу үшін қолданылады. Төмен тығыздылық нәтижесінде олар қазіргі уақытта бәріне мәлім барлық жабдықтайтын талшықтар мен металл қорытпаларынан асып түсетін беріктіктің жоғары үлесіне ие. Талшықтарды хош иісті полиамидтер негізінде қолданылады, олар созу кезінде беріктік шегінің және серпімділік модулінің жоғары мәндеріне ие.

Көміртекті талшықтар үшін механикалық сипаттамалардың жоғары мәндері, жоғары жылуға төзімділік (тотықтырғыш болмайтын ортада 2 000 °C жоғары), үйкеліс пен температуралық кеңеюдің төмен коэффициенттері, химиялық реагенттерге жоғары төзімділік тән.

Бор талшықтары басқа жабдықтайтын құрамдауыштармен салыстырғанда G ығысудың ең үлкен модуліне тең. Бор жартылай өткізгіш болып табылады, сондықтан осындай талшықпен композиттерде төмендетілген жылу және электр өткізгіштік болады. Осы талшықтар металл және полимерлік матрицамен композиттерді құру кезінде қолданылады.

Кремний карбидінен жасалған талшықта бордан және көміртектен жасалған талшықтармен салыстырғанда төмендетілген механикалық қасиеттері бар, олар үшін беттік ақаулықтарға жоғарылатылған сезімталдығы тән. Олар жоғары температура кезінде жұмыс істейтін метал композиттері үшін қолданылады.

Беріктігі жоғары бор және көмертікті талшықтар матрицаның материалымен нашар адгезиясына ие. Іліністі жақсартуға талшықтармен өңдеумен немесе арнайы өңдеумен — вискеризациямен қол жеткізіледі, талшықтардың ұзындығына перпендикулярлы олардың бетінде кремний карбидінің монокристалдарын өсірумен негізделеді. Осылайша алынған бордың «түкті» талшықтар *борсик* (бор — кремний карбиді) деп аталады.

Металл талшықтар мен сымдар анағұрлым үнемді болып табылады. Төмен температураларда жұмыс істейтін композиттер үшін болат және бериллий сымды талшықтар, ал жоғары температуралар кезінде вольфрам немесе молибден талшықтары қолданылады. Болат талшықтар беріктігі жоғары коррозияға төзімді болаттан жиі жасалады.

Полимерлер негізінде композиттерді жасау барысында қолданылатын *қысқа талшықты арматура* шыны мақтаны ұсақтаумен алынады. Орташа ұзындығы 275 мкм болған кезде талшықтардың диаметрі 1...10 мкм. Теориялыққа жақын аса жоғары қаттылық пен беіктік жіп тәрізді кристалдарға тән, бұл олардың құрылымының мүлтіксіз болуымен негізделген. Жіп тәрізді кристалдар түрлі матрицалық материалдардан композиттерді құру үшін қолданылуы мүмкін.

Маталық жабдықтайтын материалдар қабатты композиттерді алу үшін қолданылады. Тоқыманың түрлі типтерімен шыны маталар, көміртекті маталар, органикалық маталар қолданылады.

Матрицалардың материалдары. Полимерлік матрицаларды дайындау үшін терморективтік эпоксидті және полиэфирлі шайыр, сондай-ақ бірқатар термопластикалық пластмассалар қолданылады. Полимерлік матрицаның қасиеттеріне полимеризация және қатаю нәтижесінде (реактопласттар үшін) қол жеткізіледі, бұл ретте матрицаның материалында төмен апшуы болуы тиіс.

Пластиктердің жетіспеушіліктері олардың төмен қаттылығы, беріктігі мен жылуға төзімділігі болып табылады. Аса жоғары жылуға төзімділік термопластикалық пластмассаға емес, термоактивтік пластмассаға тән. Анағұрлым жылуға төзімді кремний органикалық және полиамидтік пластмассалар болып табылады (300.350 °C дейін).

Матрицаларды жасау үшін эпоксидті шайыр кеңінен қолданылады, олар аса жоғары механикалық қасиеттерге ие, олардың негізінде композициялық материалмен қысу және ығысу кезінде жоғары беріктікті қамтамасыз етеді. Шайыр салыстырмалы төмен температураларда және кішігірім апшу кезінде қатайды. Бұйымдарды жасау кезінде жоғары қысым талап етілмейді, бұл беріктігі жоғары нәзік талшықтармен жабдықталған композиттерді құру кезінде

маңызды, себебі олардың қирау мүмкіндігі төмендейді.

Көміртекті матрица физикалық-химиялық қасиеттері бойынша көмертікті талшыққа ұқсас, яғни аса жоғары жылуда төзімділікке ие және композитте көміртекті талшықтың әмбебап қасиеттерін толықтай іске асыруға мүмкіндік береді.

Металл матрицасы беріктіктің жоғары мәндерімен, соққы тұтқырлығымен, серпімділік модулімен сипатталады. Металдар полимерлерге қарағанда температуралардың аса кең интервалында өзінің қасиеттерін сақтайды. Матрицалық материалдар ретінде алюминий, титан, олардың негізінде жасалған қорытпалар және магний қорытпалары көбінесе қолданылады.

Матрицалық материал ретінде *алюминий* негізінде техникалық алюминий және оның негізінде жасалған қорытпалар қолданылады: АМц, АМг₂, АМг₆, Д16, Д20, В95 және басқалары. Осы қорытпаларды қолдану матрицалардың механикалық сипаттамаларын жеткілікті кең шекте өзгертуге мүмкіндік береді. Осылайша, АМц қорытпасының беріктік шегі 130 МПа құрайды, АМг₆ — 300 МПа, Д16 — 500 МПа, В95 — 600 МПа. Алюминий қорытпаларының беріктік модулі — шамамен алғанда 70 ГПа. Қорытпалар шағын тығыздылыққа, жоғары коррозияға төзімділікке ие. Алюминий қорытпалары үшін жоғары технологиялылық тән, олар иілімді, кесумен жақсы өңделеді; дайындамаларды вакуумдық немесе аргонмен имектеп пісірумен алуға болады.

Магний қорытпаларының тығыздылығы алюминийге қарағанда аз, алайда олар беріктік, серпімділік модулі және технологиялылық бойынша жоғары емес. Осылайша, матрицалық материалдар ретінде қолданылатын МА2-1, МА5, МА8 қорытпаларының беріктік шегі — 250... 300 МПа, серпімділік модулі — шамамен алғанда 40 ГПа. Осы қорытпалардың ыстықтай иілімдігі алюминий қорытпаларына қарағанда төменірек.

Титан қорытпалары (матрицалық қорытпа ретінде мысалы құрамында 90 % Ti, 6 % Al, 4 % V бар қорытпалар қолданылады) алюминий және магний қорытпаларына қарағанда серпімділік модулі E — 140 ГПа және беріктік шегі — 1000 МПа дейін аса жоғары болады. Олар беріктік сипаттамаларды 300.450 °С температураға дейін қыздыру кезінде сақтайды. Қорытпалар ыстық күйінде қанағаттанарлық иілімділікке ие. Алайда, олардың пластикалық өзгеруі үшін жеткілікті жоғары кернеу қажет. Бұл нәзік жабдықтайтын талшықтармен композиттерді алуды қиындатады.

Композиттерді қолдану облысы. *Полимерлік матрицасы бар композиттердің* құндылықтарына жоғары үлестік беріктік және серпімді сипаттамаларды, химиялық агрессивтік орталарға төзімділікті, сондай-ақ дайындаудың жеткілікті қарапайымдылығын жатқызуға болады. Оларға оларға полимерлік матрицаның қасиеттерімен айқындалатын бірқатар жетіспеушіліктер тән. Бұл алдын ала қысу және ығысу кезіндегі беріктіктің төмен мәндері (осы шамалардың жоғары

үлестік мәндері кезінде), жылуға төмен төзімділік, гигроскоптылық және климаттық факторлардың әсерінен тозуға деген бейімділік.

Шыны пластиктер жоғары коррозияға төзімділік және беріктіктің арқасында, соның ішінде айныма таңбалы жүктеме кезінде де жеткілікті түрде кеңінен қолданылады. Шыны пластиктер кесумен жеңіл өңделеді; олардың жетіспеушілігі сулы ортада шыны — полимер байланысының әлсіреуінен механикалық қасиеттерінің төмендеуі болып табылады. Шыны пластиктер күштік конструкцияларда қолданылатын алғашқы конструкциялық материалдар болды. Олардан фюзеляж бұйымдары және ұшу аппараттарының қанаттары, жоғары қысымды баллондар жасалады. Жабдықтайтын құрамдауыш ретінде жіптер, бұраулар, маталар қолданылады. Маталар — шынытекстолиттер негізінде қабатты композиттерде — матрицалық материалдар термопластикалық және де термоактивтік полимерлер бола алады.

Органопластиктерде жабдықтайтын құрамдауыш ретінде синтетикалық талшық қолданылады. Байланыс жасайтын және жабдықтайтын құрамдауыштардың жаратылысы бірдей, бұл олардың химиялық өзара іс-қимыл жасауына әкеледі, құрамдауыштарда сызықтық кеңеюдің температуралық коэффициенттерінің жақын мәндері бар. Осыған байланысты органопластиктер байланыс жасайтын және жабдықтайтын құрамдауыштардың күшті адгезиялық байланыспен монолиттік кеуексіз құрылымын алады. Құрылымның тұтастылығы екпінді және циклдық жүктемелерге жоғары қарсылығын, жоғары дірілге төзімділігін қамтамасыз етеді. Органопластиктер — ең жеңіл композициялық материалдар, олардың қолданылуы конструкцияның массасын (бірдей өлшемдерде) шыны пластиктермен немесе алюминий қорытпаларымен салыстырғанда 20...50 % төмендетуге мүмкіндік береді. Алайда, күштік конструкцияларда олар қысу және серпімділіктің модулі кезінде беріктік шегінің төмен шамаларынан іс жүзінде қолданылмайды. Органопластиктерде қысу кезінде беріктік шегі (шамамен алғанда 300 МПа) көміртекті пластиктерге қарағанда 2 есе төмен және бор пластиктерге қарағанда 4 есе төмен. Органопластиктер қаптауыш материал ретінде қолданылады, олардан орау операциялары кезінде технологиялылықтан қабықшалы пішіндегі бұйымдар жасалады. Үздіксіз жабдықтайтын талшықтар: жіптер, бұраулар, маталар түрінде.

Көміртекті пластиктер — композиттердің анағұрлым перспективті түрі. Олар үлестік беріктік пен қаттылықтың жоғары сипаттамаларымен, термотөзімділікпен, коррозияға төзімділікпен ерекшеленеді. Композиттер эпоксидті байланыстырушылар негізінде 200 °C дейін, ал кремний органикалық шайыр негізінде 300 °C температура кезінде ұзақ жұмыс жасай алады. Көміртекті талшықтың жоғары электр өткізгіштігі арқасында көміртекті пластиктер антистатик функцияларын орындай алады. Осындай қасиеттердің үйлесімі олардың жеткілікті кеңінен қолданылуын анықтады: авиация

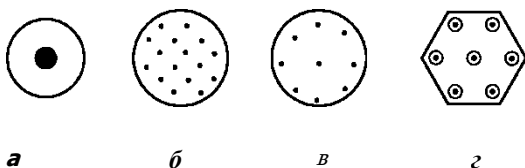
және ғарыш техникасында, автомобиль жасауда, спорт жабдықтарын жасау үшін. Жабдықтайтын құрамдауыштың пішіні— жіптер, бұраулар, маталар.

Бор пластиктері қысу кезінде жоғары беріктікке ие. Осылайша, көміртекті және бор пластиктерін созу кезінде беріктік шектері жақын болғанда, онда бор пластикін қысу кезінде беріктік шегі іс жүзінде 2 есе жоғары — 1020... 1160 МПа және 520... 530 МПа көміртекті және бор пластиктері үшін тиісінше. Сондықтан оларды қысу кернеуін қабылдайтын күштік конструкцияларда қолданған орынды. Бор пластиктерінің жетіспеушілігі төмен технологиялылығы болып табылады — оларда кесумен өңделуі төмен.

Көміртекті матрицасы бар композиттердің жабдықтайтын құрамдауышы ретінде көміртекті талшық қолданылады. Осындай композиттердің негізгі мақсаты — жылуды сақтау жабындысы. Осы композиттер аса жоғары температуралар кезінде жоғары механикалық қасиеттерін сақтайды. 2 000 °С дейін қыздыру кезінде созу және қысу кезінде беріктік шектерінің кейбір артуы да байқалады. Көміртектің — көміртектің композиттің беріктігі бойынша арнайы графиттерден 5— 10 асып түседі. Осылайша, созу және қысу кезінде КУП-ВМ маркалы композиттің беріктік шектерінің мәндері тиісінше 200 және 260 МПа құрайды, бұл кезде арнайы графиттерде олар созу кезінде 10 МПа және қысу кезінде 50 МПа аспайды. Көміртегі —көміртекті композиттер авиация тежеуіштерінің дискілерін жылулық тұрғысынан қорғау, аппаратураның химиялық тірегі үшін өз қолданысын тапты.

Металл матрицасы бар композиттер металдардың да, композиттердің де құндылықтарын қамтиды. Осы композиттер серпімділік модулінің жоғары мәндеріне, беріктік шегіне, екпінді тұтқырлығына ие. Осы материалдар полимерлік матрицасы бар композиттерге қарағанда анағұрлым жоғары температуралар кезінде өз қасиеттерін сақтайды. Берік металл матрицасы талшықтар осіне перпендикуляр бағытта жоғары механикалық қасиеттерін қамтамасыз етуі маңызды болып табылады. Бұл металл матрицасы бар композиттердің конструкциясын бір осьтік, яғни анағұрлым технологиялық болып айқындалды (13.2-сурет). Осындай композиттерді қыздырып өңдеу немесе тойтару арқылы төзімді етіп жасауға ерекше атап өткен жөн.

a — металл жабындысымен моноталшық; *б* — металмен сіңірілген бұрау; *в* — моноталшықпен немесе жұқа бұраулармен жабдықталған металл шыбықшасы; *г* — бұраулармен жабдықталған пішін



Бұл ретте механикалық сипаттамалардың артуына матрица материалының орнығысуы есебінен қол жеткізіледі.

Композиттерді өндіру кезінде алюминийдің жоғары технологиялылығы салдарынан алюминийден немесе оның негізінде жасалған қорытпалардан матрицасы бар композиттер анағұрлым таралған. Жабдықтайтын құрамдауыш ретінде бор және көміртекті талшықтар, болат сымдар қолданылады.

Талшықтың бағытына бойлық бор алюминийі беріктік шегі (ВКА-1 маркалы композит) бөлмелік температура кезінде конструкциялық алюминий қорытпаларына қарағанда (1000... 1200 МПа)² есе жоғары. Жоғарылатылған температуралар кезінде оның айрықшылығы одан сайын көз түседі (500 °С кезінде композиттің беріктік шегі 500 МПа құрайды). Осы композиттің көлденең бағыттағы беріктігі жеткілікті төмен — шамамен алғанда 60 МПа, себебі матрицаның материалы орнықпайтын қорытпа болып табылады. Матрицаны Д16 қорытпасынан жасау және композитті қыздырып өңдеу (қыздыру + тозу) жолымен орнығысуы кезінде оның беріктігі көлденең бағытта 200 МПа дейін өседі.

Көміртекті талшықпен композиттер (КТК) сіңіру әдісімен, яғни талшықты каркасты құйып жасаумен алынады. Матрицаның материалы осы жағдайда — алюминийдің құю қорытпасы. АЛ2 силуминді көміртекті талшықтармен жабдықтау кезінде 1000 МПа дейін беріктікке және 500 °С дейін жылуға төзімділікке қол жеткізіледі.

Жабдықтау үшін болат сымды қолдану (КАС-1 композиті) беріктік шегін 1300.1450 МПа дейін арттыруға мүмкіндік береді. КАС-1 композиті үшін матрицалық материалы ретінде алюминийдің орнығысатын қорытпалары қолданылады, сондықтан беріктік шегі көлденең бағытта жеткілікті жоғары — қыздырып өңдеуден кейін оның мәні 300 МПа жақындай түседі. Матрицаның материалы САП-1 қорытпасы болып табылады, яғни осы жағдайда біріктірілген орнығысу бар, олар нәтижесінде дисперсиялық-беріктендірілген талшықты композитті береді. Болат сыммен жабдықталған композиттердің тығыздылығы металл емес талшықтармен жабдықтау кезіндегіге қарағанда едәуір жоғары. Алюминий қорытпалары негізінде матрицасы бар композиттерді негізгі қолдану — авиация өнеркәсібі. Олар механикалық қасиеттерді арттыру, әсіресе серпімділік модулі үшін алюминий қорытпаларының орнына қолданылады. Осылайша, Д16 қорытпасын ВКА-1 композитіне ауыстыру қанат лонжеронының қаттылығын шамамен 1,5 есе арттыруға мүмкіндік береді.

Магний матрицасы бар композиттер магнийдің шағын тығыздылығына байланысты алюминий негіздегі композиттерге қарағанда аса жоғары үлестік тығыздылыққа ие (магний және алюминий тығыздылығы тиісінше 1,74 және 2,7 г/см³ құрайды). Бор магнийі беріктік шегі бөлмелік температура кезінде 1 000 МПа жақындайды, 400 °С температура кезінде оның мәні шамамен 500 МПа.

Алайда магний матрицасы бар композиттерді өндіру магний қорытпаларының төмен иілімділігі мен пісірімділігінен, сондай-ақ олардың бетіндегі борпылдақ оксидті қабықшасынан қиындатылған.

Титандық матрицасы бар композиттер бор, борсик, кремний карбиді, бериллий, молибден талшықтарымен жабдықталады. Осы композиттердің негізгі құндылығы — жоғары жылуға төзімділік. Беріктіктің жоғары мәндері 650...700°C дейін сақталады. Талшықтардың бағытында композиттердің беріктік шегі талшықтардың түріне және олардың санына байланысты 1100.1300 МПа құрайды, ал көлденең бағытта матрицаның жоғары беріктігінен 650 МПа қол жеткізіледі.

Титандық матрицасы бар композиттер ыстыққа берік материал ретінде қолданылады. Осылайша, молибден сыммен жабдықталған титандық қорытпадан жасалған матрицадан композит (90 % Ti, 6 % Al, 4 % V) 650 °C температура кезінде бөлгіш беріктігі бар $\sigma_{100} = 170$ МПа.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Композициялық материал дегеніміз не?
2. Композиттер орнығысу түрі бойынша қалай бөлінеді?
3. Дисперсиялық-беріктендірілген матрицалар және талшықты композиттер қандай материалдардан жасалады?
4. Дисперсиялық-беріктендірілген композиттерді орнығыстыру үшін қандай материалдар қолданылады?
5. Талшықты композиттердің талшығы неден жасалады?
6. Қандай дисперсиялық-беріктендірілген және талшықты композиттер өнеркәсіпте қолданылады?
7. Композиттердің беріктігі неге тәуелді?
8. Металл қорытпалары алдында композиттердің артықшылығы неде?

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Гуляев А.П.* Металтану / А. П. Гуляев. — М. : Металлургия, 1978.
2. *Лахтин Ю.М.* Материалтану / Ю.М. Лахтин, В. П. Леонтьева. — М. : Машина жасау, 1990.
3. *Адашкин А.М.* Материалтану (металл өңдеу) : бастапқы кәсіби білім беруге арналған оқулық / А.М. Адашкин, В. М. Зуев. — М. : ИРПО кәсіби білім беру басылымы, 2001.
4. Материалтану : орта кәсіби білім беруге арналған оқулық / [А. М. Адашкин, Ю.Е.Седов, А.К.Онегина, В.Н.Климов]. — М. : Жоғары мектеп, 2005.
5. Композициялық материалдар: анықтамалық / ред. В.В.Васильева және Ю. М. Тарнопольского. — М. : Машина жасау, 1990.
6. *Третьяков В. И.* Основы металловедения и технология производства спеченных твердых сплавов / В. И. Третьяков. — М. : Металлургия, 1976.
7. *Зуев В. М.* Металдарды қыздырып өңдеу : техникалық мектептерге арналған оқулық / В.М.Зуев. — 2-нші басылым — М. : Жоғары мектеп, 1981.
8. *Лысанов В.С.* Эльбор машина жасауда / В.С.Лысанов, В.А.Букин, Б.А.Глаговский. — СПб. : Машина жасау, 1978.
9. Машиналар мен аспаптардың үйкелесу тораптарындағы полимерлер : анықтамалық / [Е. В. Зиновьев және басқалары]. — М. : Машина жасау, 1980.
10. Материалтану : оқулық / [Б. Н.Арзамасов және басқалары]. — М. : Н.Э.Бауман атындағы МГТУ басылымы, 2001.
11. *Уайэтт О.* Металдар, керамика, полимерлер : ағылшын тілінен аударма / О.Уайэтт, Д. Дью-Хьюз. — М. : Атомиздат, 1979.
12. *Лифшиц Б. Г.* Металдар мен қорытпалардың физикалық қасиеттері / Б.Г.Лифшиц, В. С. Крапошин, Я. Л. Линецкий. — М. : Металлургия, 1980.
13. *Геллер Ю. А.* Аспаптық болат / Ю. А. Геллер. — М. : Металлургия, 1983.
14. *Геллер Ю. А.* Материалтану : оқу құралы / Ю. А. Геллер, А. Г. Рахштадт. — М. : Металлургия, 1989.
15. *Седов Ю. Е.* Жас термистің анықтамалығы / Ю. Е. Седов, А. М. Адашкин. — М. : Жоғары мектеп, 1986.
16. *Кобаяши А.* Пластмассаны кесумен өңдеу : ағылшын тілінен аударма / А. Кобаяши. — М. : Машина жасау, 1974.

МАЗМҰНЫ

Алғысөз	3
1-тарау. Атомдық байланыстардың типтері және олардың материалдардың қасиеттеріне әсер етуі.....	6
1.1. Атомаралық тартылыс және тебіліс күштері.....	6
1.2. Иондық байланыс	6
1.3. Коваленттік байланыс	7
1.4. Металл байланысы	8
1.5. Ван-дер-Ваальс күші	8
2-тарау. Металдардың құрылысы.....	9
2.1. Металдар мен қорытпалар туралы ұғым.....	9
2.2. Металдардың атомдық-кристалдық құрылысы.....	10
2.3. Нақты металдардың құрылысы.....	13
2.4. Металдарды кристалдандыру	16
2.5. Құйманың құрылысы	20
2.6. Қорытпалар теориясының негіздері. Күй диаграммасы.....	21
2.6.1. Қорытпалардың типтері	21
2.6.2. Қорытпалардың күй диаграммасы	24
2.7. Металл қорытпаларын беріктендіру әдістері	33
3-тарау. Металдар мен қорытпалардың қасиеттерін зерделеу әдістері	39
3.1. Металдың құрылымын зерделеу әдістері	39
3.2. Материалдардың механикалық қасиеттері және оларды анықтау әдістері.....	42
3.3. Металдардың физикалық қасиеттері	51
3.4. Металдардың химиялық қасиеттері	56
3.5. Металдар мен қорытпалардың технологиялық қасиеттері.....	56
4-тарау. Көміртегі бар темірдің қорытпалары.....	66
4.1. Темір — цементит жүйесінің күй диаграммасы.....	66
4.2. Темір — цементит жүйесі қорытпаларының құрылымы	70
5-тарау. Термиялық өңдеу	72
5.1. Термиялық өңдеу туралы ұғым.....	72
5.1.1. Термиялық өңдеу принциптері.....	72
5.1.2. Болаттың қыздыру кезінде айналуы.....	72
5.1.3. Салқындату кезінде болатқа айналу.....	77
5.2. Күйдіру және қалыптандыру.....	83
5.3. Шындау	88
5.3.1. Шындау температурасын таңдау	88
5.3.2. Суық өңдеу	89
5.3.3. Шындау және төзімділік	89
5.3.4. Шындау ақаулықтары.....	92
5.4. Жұмсарту және тозу.....	98
5.5. Беттік беріктендіру.....	100
5.5.1. Жалпы мәліметтер	100
5.5.2. Химия-термиялық өңдеу	101
5.5.3. Беттік шындау	111

5.6. Термиялық өңдеу кезінде қыздыру және салқындату шарттары	119
6-тарау.Болат	126
6.1. Қоспалар және олардың болаттардың қасиеттеріне әсер етуі	126
6.2. Болаттардың сапа бойынша сыныптамасы.....	127
6.3. Болаттарды белгілеу	127
6.4. Қоспалаушы элементтердің болаттардың құрылымы мен қасиеттеріне әсер етуі	
6.5. Жалпы мақсаттағы конструкциялық болат.....	137
7-тарау.Шойындар.....	143
7.1. Жалпы мәлімет	143
7.2. Ақ шойындар. Ағарту	143
7.3. Графитпен шойындар	144
7.4. Шойындарды термиялық өңдеу.....	150
8-тарау.Ерекше қасиеттерімен болаттар және қорытпалар.....	154
8.1. Коррозияға төзімді болаттар	154
8.2. Ыстыққа төзімді және ыстыққа берік болаттар және қорытпалар	158
8.3. Ерекше магнитті қасиеттерімен болаттар және қорытпалар..	160
8.4. Ерекше электр қасиеттерімен металдар	163
8.5. Ерекше серпімді қасиеттерімен металдар.....	165
8.6. Тозуға төзімді болаттар	166
8.7. Беріктігі жоғары болаттар	167
8.8. Пішіні жады бар қорытпалар	168
8.9. Аморфты қорытпалар	169
9-тарау.Құрал-жабдықты материалдар.....	172
9.1. Құрал-жабдықты материалдардың қасиеттеріне қойылатын талаптар.....	172
9.2. Кескіш құрал жасауға арналған материалдар.....	174
9.2.1. Болат.....	174
9.2.2. Твердые сплавықатты қорытпалар және кескішкерамика	181
9.2.3. Аса қатты материалдар.....	187
9.2.4. Тозуға төзімді жабындыларды салу есебінен ұстаралы құралдың төзімділігін арттыру	190
9.2.5. Абразивтік материалдар	192
9.2.6. Конструкциялық материалдарды кесумен өңдеу.	
Құрал-жабдықты материалдарды өңдеу.....	196
9.3. Штампты құралған арналған материалдар	206
9.3.1. Штампты болаттар.....	206
9.3.2. Қысумен өңдеу үшін қиын балкитын және алмазды құрал	211

9.3.3. Ұсақ сериялық өндіріске арналған штампты материалдар	214
9.4. Бақылау-өлшеуіш құралған арналған материалдар	215
10-тарау. Түсті металдар және қорытпалар	219
10.1. Мыс қорытпалары	219
10.2. Алюминий қорытпалары	222
10.3. Магний қорытпалары	225
10.4. Титан қорытпалары	226
10.5. Баббиттер	227
11-тарау. Пісіруге және дәнекерлеуге арналған материалдар	229
11.1. Пісіруге арналған материалдар	229
11.1.1. Пісіру	229
11.1.2. Болатты пісіруге арналған материалдар	229
11.1.3. Пісіру конструкциялары	234
11.1.4. Шойынды және түсті металдарды пісіруге арналған материалдар	236
11.2. Металдарды дәнекерлеуге арналған материалдар	237
11.2.1. Металдарды дәнекерлеу	237
11.2.2. Дәнекерлер	238
11.2.3. Флюстер	242
11.2.4. Дәнекерленген бұйымдарды термиялық өңдеу	243
12-тарау. Металл емес материалдар	245
12.1. Полимерлер негізіндегі материалдар	245
12.1.1. Полимерлердің құрылысы және қасиеттері	245
12.1.2. Пластикалық массалар	249
12.1.3. Эластомерлер (каучуктер) және резеңке	254
12.1.4. Қабықша құраушы материалдар	256
12.1.5. Өнеркәсіпте пластмассаларды қолдану	260
12.2. Шыны	262
12.2.1. Жалпы сипаттама	262
12.2.2. Органикалық емес шыны	262
12.2.3. Ситалдар	267
12.2.4. Органикалық шыны	269
12.3. Сүрек	269
13-тарау. Композициялық материалдар	272
13.1. Жалпы сипаттама	272
13.2. Дисперсиялық-беріктендірілген композиттер	272
13.3. Талшықты композиттер	273
Әдебиеттер тізімі	283

Оқу басылымы

**Адашкин Анатолий Матвеевич,
Зуев Виктор Максимович**

Материалтану (металл өңдеу)

Оқу құралы

11-нші басылым, стереотиптік

Редактор Е.Б.Махиянова
Техникалық редактор Н. И. Горбачёва
Компьютерде теріп беттеген: А. В. Бобылёва
Корректорлар О. А. Королёва, С. Ю. Свиридова, Т. Н. Морозова

Басылым № 111102694. Басуға 2014 жылғы 25 маусымда қол қойылды. Пішіні 60 x 90/16. Гарнитура «Таймс». Офсеттік қағаз. № 1. Офсеттік басылыс. Шартты баспа табағы 18,0. Таралымы 3 000 дана. Тапсырыс №

«Академия» баспа орталығы» АҚБ. www.academia-moscow.ru
129085, Мәскеу, Мир алаңы, 101В, кұр. 1.
Тел./факс: (495) 648-0507, 616-00-29.

2014 жылғы 29 сәуірдегі № РОСС RU. АЕ51. Н16591 санитарялық-эпидемиологиялық

қорытынды. Баспаның электрондық тасығыштарында басылды.

«Тверь полиграфиялық комбинаты» ААК, 170024, Тверь қ.Ленин даңғылы, 5. Телефон: (4822) 44-52-03, 44-50-34. Телефон/факс: (4822) 44-42-15.

Homepage— www.tverpk.ruЭлектрондық пошта (E-mail) — sales@tverpk.ru