

Е.Н.СОКОЛОВА, А.О.БОРИСОВА, Л.В.ДАВЫДЕНКО

МАТЕРИАЛТАНУ

ЗЕРТХАНАЛЫҚ ПРАКТИКУМ

«Білім беруді дамыту федералды институты» федералды мемлекеттік автономды мекемесі 0.4 «Материалтану» ББ, «Машинажасау технологиясы» мамандығы бойынша кәсіби орта білім беру бағдарламаларын іске асыратын білім беру мекемелерінің оқу үрдісінде пайдалануға арналған оқу құралы ретінде ұсынған

*Пікірдің тіркеу нөмірі 433,
12 желтоқсан 2011 ж. ФМAM «БДФИ»*

3-басылым, стереотипті



Мәскеу
«Академия» баспа орталығы
2016

ӘОЖ 620.22(075.32)

КБЖ 30.3-ші 722

С549

Бұл кітап Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі және «Кәсіпқор» холдингі» КЕАҚ арасында жасалған шартқа сәйкес ««ТЖКБ жүйесі үшін шетел әдебиетін сатып алуды және аударуды ұйымдастыру жөніндегі қызметтер» мемлекеттік тапсырмасын орындау аясында қазақ тіліне аударылды.

Аталған кітаптың орыс тіліндегі нұсқасы Ресей Федерациясының білім беру үдерісіне қойылатын талаптардың ескерілуімен жасалды.

Қазақстан Республикасының техникалық және кәсіптік білім беру жүйесіндегі білім беру ұйымдарының осы жағдайды ескеруі және оқу үдерісінде мазмұнды бөлімді (технология, материалдар және қажетті ақпарат) қолдануы қажет.

Аударманы «Delta Consulting Group» ЖШС жүзеге асырды, заңды мекенжайы: Астана қ.,

Иманов көш., 19,

«Алма-Ата» БО, 809С, телефоны: 8 (7172) 78 79 29, эл. поштасы: info@dcg.kz

П і к і р б е р у ш і —

Ресей Федерациясы Үкіметінің жанындағы Халық шаруашылығы академиясының Көп деңгейлі кәсіби білім беру колледжінің ЦКО зертхана менгерушісі *А.А. Соломашкин*

Соколова Е.Н.

С549 Материалтану: Зертханалық практикум: кәсіби орта білім беру мекемелерінің студенттеріне аналған оқу құралы/ Е.Н.Соколова, А.О.Борисова, Л.В.Давыденко. — 3-басылым, стер. — М. : «Академия» баспа орталығы, 2016. — 128 б.

ISBN 978-601-333-161-4 (каз.)

ISBN 978-5-4468-2897-5 (рус.)

Оқу құралы «Материалтану» ББ, «Машина жасау», «Материалдар технологиясы» мамандықтары бойынша кәсіби орта білім берудің Федералды мемлекеттік білім беру стандарттарына сәйкес жасалды.

Материалтану бойынша зертханалық жұмыстар мен практикалық сабақтар жүргізу әдістемесі мен тәжірибесі сипатталған, үлгілерді қаттылығы мен ажыратылуын сынақтан өткізу бойынша, сондай-ақ болатын құрылымын, оның ішінде жылумен өңделгеннен кейін зерттеу жұмыстары ұсынылған.

Осы оқу құралымен қоса «Материалтану» электрондық оқыту ресурсы шығарылған.

Кәсіби орта білім беру мекемелерінің студенттеріне орналған.

ӘОЖ 620.22(075.32)

КБЖ 30.3ші722

ISBN 978-601-333-161-4 (каз.)

ISBN 978-5-4468-2897-5 (рус.)

© Соколова Е. Н., Борисова А. О., Давыденко Л. В., 2012

© «Академия» оқыту-баспа орталығы, 2012

© Рәсімдеу. «Академия» баспа орталығы, 2012

Құрметті оқырман!

Бұл оқу құралы «Машина жасау технологиясы» мамандығы бойынша оқу-әдістемелік кешеннің құрамдас бөлігі болып табылады.

Оқу құралы 04 «Материалтану» ББ жалпы кәсіби пәнін оқуға арналған.

Жаңа ұрпақтың оқу-әдістемелік кешендері жалпы білім беретін және жалпы кәсіби пәндер мен кәсіби модульдерді оқуға мүмкіндік беретін дәстүрлі және инновациялық оқу материалдарынан құралған. Әр кешен жұмыс берушінің талаптары ескеріліп, жалпы және кәсіби кұзыреттіліктерді меңгеруге қажет оқулықтар мен оқу құралдарынан, оқыту және бақылау құралдарынан тұрады.

Оқу басылымдары электрондық білім беру ресурстарымен толықтырылған. Электрондық ресурстар интерактивті жаттығулар мен жаттығу құрылғылары бар теориялық және практикалық модульдерден, мультимедиялық нысандардан, интернеттегі қосымша материалдар мен ресурстарға жасалған сілтемелерден құралған. Оларға терминологиялық сөздік пен электронды журнал енгізілген, мұнда оқу үрдісінің негізгі көрсеткіштері – жұмыс уақыты, бақылау және практикалық тапсырмаларды орындау нәтижесі тіркеледі. Электрондық ресурстар оқу процесіне жеңіл енгізіледі және түрлі білім беру бағдарламаларына сәйкес бейімделе алады.

«Материалтану» пәні бойынша зертханалық жұмыстарды аттас тақырыптар оқытылғаннан кейін бірден өткізген дұрыс. Жұмысты бөлек зертханада материалдарды сынақтан өткізуге арналған стационарлық қондырғыларда өткізген жөн. Студенттердің уақытын үнемдеу үшін пайдаланылатын электрлік схемаларды сабақ басталмас бұрын құрып қою қажет.

Зертханалық жұмыстар кезеңінің басталуына бірнеше күн қалғанда студенттерді зертханалық жұмыстарды өткізу кестесімен және оларды орындау ретімен таныстыру керек. Кесте бәрінің танысуы үшін қол жетімді болуға тиіс.

Зертханалық жұмысты орындауға дайындалуда студенттер осы оқу құралы арқылы оның мазмұнымен танысуы тиіс. Одан бөлек олар оқытушы ұсынған оқу құралынан сәйкес теориялық материалды қайталауы қажет.

Зертханалық жұмыстарды өткізер алдында студенттерді қауіпсіздік техникасының ережелерімен таныстыру керек. Студенттер барлық жұмыс кезеңі бойында әсіресе жоғары қысымды қондырғылармен жұмыс істеу кезінде ережелерді қатаң сақтауға тиіс. Жоғары қысымды қондырғының бір бөлігі кездейсоқ тиіп кетпеу үшін жерге бекітілген қоршаумен қоршалуы қажет.

Студенттер жұмыс жүргізуде келесідей ережелерді сақтауы керек:

1. Зертханаға тек оқытушымен бірге кіру.
2. Жұмыс орнын зертханалық жұмыс жүргізу кестесіне сәйкес иелену.
3. Оқытушының рұқсатынсыз жұмыс орнын тастап кетпеу.
4. Зертханалық жұмыстарды орындау жоспарын, қажетті аспап-тар мен қондырғылар тізімін, есептеу формулаларын жазып алу үшін, материалдарды сынақтан өткізу нәтижелерінің схемалары мен кестелерін сызып алу үшін жұмыс дәптерінің болуы.
5. Тапсырма алған соң жұмыспен мұқият танысып, тапсырмаға сәйкес теориялық материалды меңгеріп, сыналатын қондырғының схемасын сызып алып схема бойынша ауызша түсініктеме беруге дайындалу.

6. Аспаптар мен аппараттардың қайсы түйісулері электрлік схеманың қай нүктелеріне сәйкес келетінін және реостаттардың қозғалтқыштары мен реттейтін және өшіретін құрылғылардың саптары қандай күйге қойылуы керектігін анықтау. Үлгілердің сынама қондырғысында нық бекітілгеніне көз жеткізу.

7. Жұмысты бастар алдында жоғары қысым жағдайында тұрған бөліктердің бекітетін сымдарының дұрыстығын және қоршаудың болуын тексеріп шығу керек.

8. Оқытушының рұқсатынсыз электр қондырғыларын қосуға болмайды.

9. Жоғары қысым берілгеннен кейін сымдар оқшауланған болса да тиісуге болмайды.

10. Оқытушыдан схеманы қосуға рұқсат алғаннан кейін қысымды қосатын студент, жұмыс істеп жатқан жанындағы студенттерді «Қосамын» деген пәрменмен ескертуі тиіс.

11. Конденсаторлары бар аппараттармен жұмыс істеген жағдайда қысым тоқтатылғаннан кейін конденсаторларды қоршауға тұйық-татып тоқтан ажырату керек және жерге бекітетін қондырғының иілгіш сымымен байланысқан арнайы қондырғының көмегімен жер-ге бекіту керек.

12. Жұмысты аяқтаған соң, есепті оқытушыға тапсырып жұмыс орнын ретке келтіру қажет және тек оқытушының рұқсатынан кейін зертханадан шығу керек. **Орындалған зертханалық жұмыс бойынша есеп тапсырмаған студенттер келесі жұмыстарға қатыстырылмайды.**

ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТАРДЫ ОРЫНДАУДА ҚАУІПСІЗДІК ТЕХНИКАСЫНЫҢ ЕРЕЖЕЛЕРІ

Зертханалық жұмысты орындауға кіріскен әр студент зертханада жұмыс істеу барысында сақталуға тиіс қауіпсіздік техникасының ережелерін білуге міндетті. Студент қауіпсіздік техникасы бойынша нұскамадан өтіп, қауіпсіздік техникасымен танысқанын және оны орындауға міндеттелетінін білдіретін арнайы журналға қол қойғаннан кейін ғана жұмысқа кірісе алады.

1. Қысымы 40 В-тан асатын электр тогы өмірге қауіп төндіреді, ал қысымы 220...380В ауыр жарақат немесе тіпті өлімге әкеледі. Зертхананың барлық аспаптары, пештері мен қондырғылары қысымы 220 немесе 380 В-қа жететін желіге қосылған.

2. Электр жабдықтармен жұмыс істеу кезінде:

- электр сымдарына, қысқыштарға, клеммаларға тиісуге;
- бөгде заттарды электрлік пеш ажыратқышының, қалқанының қаптамаларына, реостаттар мен өзге электр жабдықтарының үстіне қоюға;
- аспаптар мен жабдықтардың іске қосу құрылғыларын өз бетінше қосып, ажыратуға;
- электрлік қалқандар, тоқ сөндіргіштер, ажыратқыштар мен реостаттарды және т.б. ашып қарауға;
- термोजұптың сымдарын гальванометрден ажыратып алуға;
- электр сымдарын, арматура, электрлік аспаптар мен құралдарды және т.б. әлдеқалай оңдауға қатаң тыйым салынады.

3. Электрлік жабдықтарда анықталған ақаулар туралы бірден оқытушыға немесе зертхана қызметшісіне хабарлау керек.

4. Микросылманы жылтыратуды арнайы білдекте жылтырату шеңберінде қоршау болған жағдайда ғана орындау қажет.

5. Химиялық реактивтер зертхана қызметшісінен алынады. Жұмыс істеу кезінде кішкентай қысқышты қолдану керек.

Ұлы газ бөлетін реактивтермен сорып шығатын шкафта ғана жұмыс істеу керек. Жұмысқа кірісерде аталған реактивпен жұмыс істеу тәртібін, оны металдың үстіне жағу әдістемесін нұсқаулықтан мұқият оқып шығу керек.

Жұмысты аяқтаған соң қолды мұқият жуу керек.

6. Химиялық реактивтермен жұмыс істеген кезде:

- реактивке саусақтарын салуға;
- реактивті өз еркінше таңдауға;
- реактивті бір ыдыстан екінші ыдысқа құюға тыйым салынады.

7. ТШ (Бриннелль баспағы) немесе ТК (Роквелль баспағы) қаттылықты өлшейтін аспаптарда қаттылықты анықтауда үлгіні кішкене шар немесе конус оның шетіне тимейтіндей әкелу керек. Таңба үлгінің шетінен 6...7 мм қашықтықта жасалуы керек.

8. ТК (Роквелль баспағы) қаттылықты өлшеу аспабымен жұмыс істеу кезіне үлгіні конуска абайлап жақындату керек, себебі оқыс қимыл жасаған кезде конустың төбесі бөлініп кетуі мүмкін.

9. Суда шыныққан үлгілерді ТШ (Бриннелль баспағы) аспабында сынақтан өткізуге қатаң тыйым салынады.

10. Пештермен жұмыс істеу кезінде резеңке кілемшенің үстінде тұрып, қысқышты құрғақ қолмен ұстау керек. Пештің корпусына қол тигізуге тыйым салынады.

11. Үлгілерді пешке салып, пештен алу кезінде құрғақ, майдың іздері жоқ қысқыштарды пайдалану қажет.

12. Пештен шығарылған қыздырылған үлгілерді тек арнайы табакқа ғана қою керек. Пештен алынған үлгілерді қолмен ұстауға тыйым салынады – термиялық бөлімдегі үлгілердің барлығы ыстық болады.

13. Шыңдау кезінде үлгіні пештен жылдам суырып алып, салқындататын сұйықтыққа салу керек. Үлгіні қысқышпен ұстап тұрып толығымен сұйықтыққа салып, тез айналдырып отырып суыту керек. Үлгіні шыңдау ваннасының түбіне лақтыруға тыйым салынады.

14. Май ваннасында шыңдау кезінде үлгінің майға толығымен кіруін мұқият бақылап отыру керек, олай болмаған жағдайда май отқа айналуы мүмкін.

15. Ерітілген тұздармен жұмыс істегенде көзілдіріксіз жұмыс істеуге тыйым салынады.

16. Үлгіні ерітілген тұзға салар алдында пешті өшіру керек.

17. Үлгілерді тек құрғақ қысқыштармен алған жөн. Ерітілген тұзға ылғалды үлгілерді немесе қысқышты салуға қатаң тыйым салынады – бұл тұздың шапшуына әкелуі мүмкін!

18. Үлгілерді ерітілген тұзда шыңдауға кірісерде жұмыс орнынан барлық бөгде кісілерді шығару керек.

19. Күтпеген жерден электр қуаты тоқтатылған жағдайда шұғыл түрде барлық жабдықтар мен аспаптарды сөндіру қажет.

20. Тек оқытушының немесе зертхана қызметшісінің рұқсатын алғаннан кейін ғана жұмысқа кірісу қажет. Жұмыстың аяқталғаны туралы оларды хабардар ету керек.

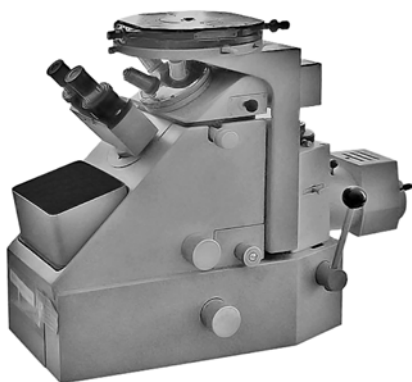
ММР-1 МЕТАЛЛГРАФИКАЛЫҚ МИКРОСКОПТЫҢ КӨМЕГІМЕН БОЛАТТЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ

Жұмыстың мақсаты — ММР-1 металлграфикалық микроскоппен жұмыс істеу тәсілдерін меңгеру.

ЖАЛПЫ ҰҒЫМДАР

ММР-1 металлграфикалық микроскоп (1.1-сурет) металдардың және өзге күңгірт нысандардың микроқұрылымын жарық алаңда тікелей және жанама жарық түсірумен, қараңғы алаңда және поляризацияланған жарықта зерттеуге арналған.

Микроскоптың көмегімен нысандарды бинокулярлық қондырмада және көрсету экранында (1.1-кесте) сырттай бақылауға, нысандарды 9 x 12 см фотопластинкаға немесе кадр өлшемі 24 x 36 мм болатын (1.2-кесте) таспаға суретке түсіруге болады.



1.1-сурет. ММР-1
Металлграфикалық
микроскоп

1.1-кесте. Нысанды сырттай бақылауда микроскоп пен оның көру шегінің үлкейтілуі

Объективтер	Окулярлар					
	12,5 ^x		15 ^x		20 ^x	
	Үлкейтілуі, есе	Шегі, мм	Үлкейтілуі, есе	Шегі, мм	Үлкейтілуі, есе	Шегі, мм
$F = 23,2; A = 0,17$	100	1,9	130	1,3	170	1,0
$F = 8,2; A = 0,37$	300	0,6	370	0,5	490	0,4
$F = 6,3; A = 0,65$	400	0,5	490	0,3	650	0,3
$F = 4,3; A = 0,95$	580	0,3	700	0,2	930	0,2

1.2- кесте. Фотосуретке түсіруде микроскоптың үлкейтілуі

Объективтер	9 x 12 см фотопластикаға			24 x 36 мм фототаспаға		
	Окулярлар					
	12,5 ^x	15 ^x	20 ^x	12,5 ^x	15 ^x	20 ^x
$F = 23,2; A = 0,17$	—	100	—	52	62	87
$F = 8,2; A = 0,37$	—	300	400	146	176	246
$F = 6,3; A = 0,65$	—	400	—	195	234	328
$F = 4,3; A = 0,95$	500	—	800	279	335	469

Микроскоптың техникалық сипаттамасы

Көрсету экранының өлшемі, см9 x 12

Фотопластинканың өлшемі, см9 x 12

Фототаспадағы кадр өлшемі, мм.....24 x 36

Микрометрикалық фокус механизмі:

механизм шығыны, мм2,5

шкаланы бөлу бағасы, мм0,002

Нысан үстелі:

екі өзара перпендикуляр

бағытта орын ауыстыру шегі,мм30 x 20

шкаланы бөлу бағасы,мм1,0

бұрылу шегі, ...°0...360

нысан нүктесінің окулярдың

бір ернеуінен екіншісіне өту уақыты, с3.4

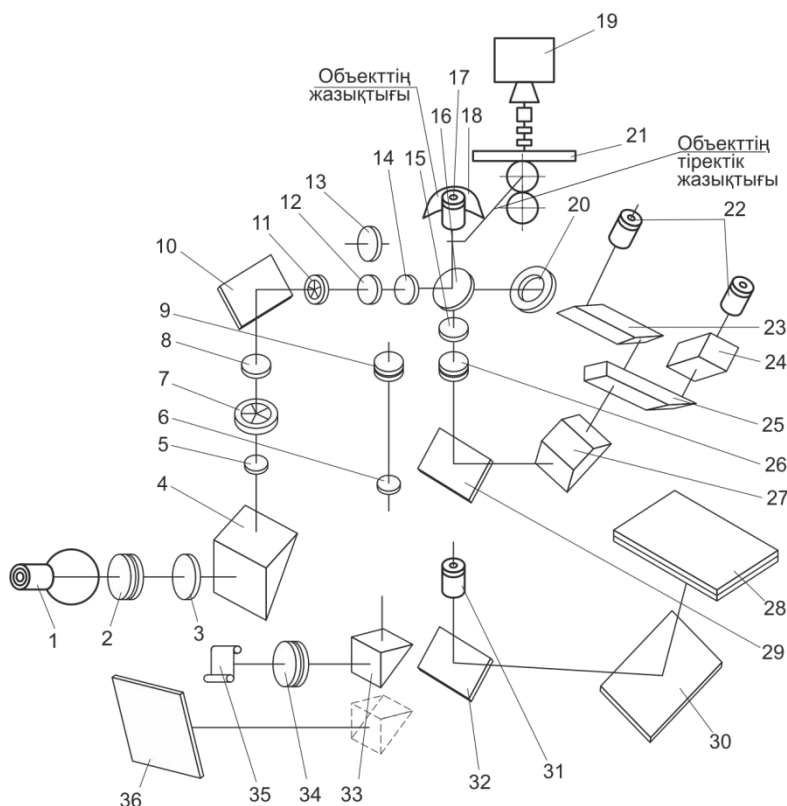
у өсі бойынша қадам шамасы, мм 0,4; 0,8; 1,2

ең жоғарғы жүктеме, кг5

Аумақтық өлшемдері:

микроскоп, мм580 x 250 x 385

басқару пульгі, мм330 x 250 x 150
Салмағы:
микроскоп, кг35
басқару пульгі, кг6,5



1.2-сурет. Микроскоптың оптикалық схемасы:

1—шам; 2—коллектор; 3—жылу фильрі; 4,23,24,25,27,33—призмалар; 5—ауыстырылатын жарықфильтр; 6,9—телеобъективтер; 7—апертуралық диафрагма; 8,12,34—линзалар; 10,29,30,32—әйнек; 11—алаңдық диафрагма; 13—күңгірт алаң линзасы; 14—поляризатор; 15—анализатор; 16—жартылай мөлдір пластинка; 17—объектив; 18—конденсатор; 19,31—фотоокулярлар; 20—айналма әйнек; 21, 28—экрандар; 22—бинокулярлы саптама; 26—ахроматтық линза; 35—таспа; 36—фотопластинка

Микроскоптың оптикалық схемасы. 1 Шам жарығы (1.2-сурет) 7 апертуралық диафрагманың кеңістігіне 2 коллектор және 4 призманың көмегімен проекцияланады. Жылу фильтрі 3 оптиканы шамның қызуынан қорғайды.

5 ауыстырылатын жарық фильтрлері жалпы тақтайшада құрастырылған. 8 линза, 10 әйнек, 12 линза және 16 жартылай мөлдір пластинкадан құралған жүйе 7 апертуралық диафрагманың кескінін объективтің кіру қарашығына проекциялайды. 11 алаңдық диафрагма, 12 линза және 17 объективтің кескіні нысан жазықтығына проекцияланады.

Алаңдық диафрагма зерттелетін нысанның учаскесін шектеу үшін қажет.

Нысанды жарық алаңда және поляризацияланған жарықта бақылау үшін 16 жартылай мөлдір пластинка жарық сәулесін 90° -қа бұрып, оны объективтің фокальдік жазықтығына орналастырылған нысанға 17 объектив арқылы бағыттайды. Нысанның кескіні 26 ахроматикалық линзаның көмегімен окулярлардың фокальдік жазықтығына проекцияланады.

Сырттай бақылау жасағанда 29 әйнек пен 27 призма жарық сәулесін 22 бинокулярлық саптама окулярларының фокальдік жазықтығына бағыттайды, осы жерде нысанның кесікіні жасалады.

Поляризацияланған жарықта бақылау жасағанда сәулелерге 14 поляризатор мен 15 анализатор қосылады.

Күңгірт алаңда бақылау жасағанда 12 линза мен 16 жартылай мөлдір пластинканың орнына сәулелерге 13 күңгірт алаң линзасы мен жарық сәулесін 18 металл конденсаторға бағыттайтын 20 айналма әйнек қосылады. Сәулелер конденсаторға түсіп нысанға бағытталады.

Бұдан әрі сәулелердің бағыты жарық алаңда жүргізілетін зерттеудегідей болады.

Нысанның кесінін 28 экранда бақылаған кезде 26 ахроматикалық линза мен 29 әйнек өшіріледі, сәулелердің бағытына 6 және 9 телеобъективтер енгізіледі, олар сәулені 31 фотоокулярдың фокальдік жазықтығына түйістіреді.

Жүйеге қосылған фотоокуляр 32, 20 әйнектердің көмегімен нысанның кесінін 28 экранға проекциялайды.

Микроскоптың жалпы үлкейтілуі объективтің үлкейтілуі мен окулярдың үлкейтілуінің көбейтіндісіне тең, олардың мәні металл жақтауларда белгіленген. Бақылаушының көзі қарайтын линза окуляр деп аталады. Нысан мен объективтің арасындағы ортаның сыну көрсеткішінің көбейтіндісі сандық апертура деп аталады, яғни объективке өтетін екі бұрыштың сәулелерден пайда болатын бұрыш жартысының синусы:

$$A = n \sin \frac{\alpha}{2}$$

мұндағы A — апертура; n — ортаның сыну көрсеткіші (ауада $n = 1$); α — объективтің тік бұрышы (объективтің ашылу бұрышы).

Микроскоптың шешуші қабілеті — бұл екі объектив арқылы айқын және бөлек көрінетін екі нүкте арасындағы ең жақын қашықтық. Апертура шешуші қабілетке байланысты:

$$d = \frac{\lambda}{2n \sin \frac{\alpha}{2}}$$

немесе

$$d = \frac{\lambda}{2A}$$

Мұндағы d — оптикалық жүйенің ең жоғары шешуші қабілеті; λ — жарық толқынының ұзындығы; A — апертура.

Микросылмаларды әзірлеу бірнеше кезеңде іске асырылады, онда өлшемі азайып келетін түрлі түйіршіктері бар әртүрлі нөмірлі тегістейтін қағаз пайдаланылады. Тегістеу қолмен немесе арнайы білдекте автоматты түрде жүзеге асырылады. Басқа, ұсақ түйірлі материалға ауысуда үлгіні 90°-қа бұрып, бұған дейінгі тегістеуде алынған барлық сызаттар жойылғанша тегістейді. Тегістелген үлгіні қажак түйіршіктерінен тазартып, жылтыратады.

Жылтырату — шлифті әзірлеуде жасалатын соңғы операция. Жұқа киіз, шұға немесе барқытпен қапталған айналып тұратын немесе дірілдейтін дискілерде жүргізіледі. Жылтырату барысында дискіге хром, алюминий немесе темір оксидінің суспензиясы жағылады. Барлық сызаттар өшіріліп, шлифтің беті айнадай тегіс болғанда жылтырату аяқталды деп есептеледі. Кейбір жағдайларда механикалық жылтыратудың орнына электр химиялық жылтырату қолданылады. Ол үшін анод болып табылатын үлгіні электролитті ваннаға салады. Катодтың рөлін тотығуға төзімді болат, қорғасын немесе басқа материалдан жасалған пластина орындайды. Мұндай жылтыратуың мәні — үлгінің бетіндегі кедір-бұдыр мен шығыңқы жерлер анодта ериді, осының нәтижесінде үлгінің беті айнадай жылтырайды.

Жылтыратылған үлгі сумен жуылып, спиртпен сүртіледі және фильтр қағазымен кептіріледі.

Дайын микросылманы күйдірмей зерттеуге болады. Бұл ретте бей-металл қосылыстардың (графит, сульфит, оксид және т.б.) болуы не болмауы және олардың орналасуы зерттеледі.

Микроқұрылымын анықтау үшін шлифті күйдіреді. Күдіргіш ретінде әдетте әлсіз спирт немесе қышқылдар мен сілтілердің сулы ерітінділері, сондай-ақ түрлі қышқылдардың қоспасы қолданылады. Әртүрлі құрылымдық бөлшектер бірдей күйдірілмейді және сондықтан түрліше жарық көрсетеді. Қатты күйетін құрылым күңгірттеу болады, себебі көбірек сәуле ыдыратады. Түйірдің шеттері түйірдің денесіне қарағанда қаттырақ күйдіріледі. Бұл химиялық құрамындағы айырмашылық (қоспалар шеткі бөлігінде топтасады) пен кристалдық топтасудың бұзылуымен байланысты. Күйдіру нәтижесінде шлифтің бетінде құрылымдық бөлшектердің біркелкі емес биіктігінің есебінен микрорельеф пайда болады.

Осылайша, күйдірудің көмегімен жекелеген құрылымдық бөлшектер мен түйір шекарасын бөліп қарауға мүмкіндік туады.

ЖҰМЫС ОРЫНДАУ ТӘРТІБІ

1. Микроскопты қараңғы түскен жерге жұмыс үстелінің үстіне орналастыру қажет. Фотоға түсіру кезінде кескіннің айқындылығын бұзатын дірілдің әсерін азайту үшін микроскоптың негізіне полимерден немесе жуандығы $5 = 10...20$ мм болатын кеуек резеңкеден жасалған амортизатор қоюға болады.

2. Микроскоп орнына берік орналастырылғанына көз жеткізу керек.

3. Микроскоптың жарық көзін және оған қажетті құралдарды қуат беру блогына қосып, ал қуат беру блогын желіге қосу керек.

4. Жарық алаңда жұмыс істеу үшін жарықты баптап алу қажет.

5. Оқытушыдан зерттелетін болаттың микросылмаларын алу керек.

6. Микросылманың зерттелетін жағын объективке қаратып үстелге қою керек, осыдан соң саптаманың оң жақ окулярлық трубкасынан оң жақ көзімен бақылап отырып, микрометрикалық бұраманы айналдырып отырып микроскопты нысанға қарай дәлдейді.

7. Саптаманың окулярлық трубкаларын екі көздің аралығына сәйкес орналастыру қажет, бұл ретте сол жақ және оң жақ трубканың көру алаңы жалғыз алаңға түйісу керек.

8. Зерттелетін болат микрошлифін фотосуретке түсіру.

9. Микроскоппен жұмыс аяқталған соң үстелді тірелгенінше түсіріп, микросылманы алып тастап және микроскоптың үстін қабымен жабу керек. Қажетті құрал-жабдықтарды жәшікке жинап тастау қажет.

Е с к е р т у. Зерттелетін нысанды жалпылай қарапшығу үшінәлсіз объективтерді қолданған жөн $F = 23,2$; $A = 0,17$ и $F = 8,2$; $A = 0,37$, ал нысанды егжей-тегжейлі зерттеу үшін үлкейтіп көрсетуде мықты объективтерді пайдаланған дұрыс $F = 6,2$; $A = 0,65$ и $F = 4,3$; $A = 0,95$.

ЖҰМЫС НӘТИЖЕЛЕРІН РӘСІМДЕУ

1. Жұмыстың мақсатын анықтау.
2. Зертханалық жұмыстарға арналған дәптерге құрамдас бөлшектерін атап отырып микроскоптың оптикалық схемасын сызу.
3. Нұсқардың көмегімен (мүмкін болса басқа түстес) окулярдан микросылмаға дейінгі сәуленің бағытын көрсету.
4. Болаттың құрылымын кескіндеп (фотосуреттің көшірмесін тіркеуге болады), оған сипаттама беру.
5. Болаттың екі құрылымын салыстырып, айырмашылықтарын жазып шығару.

Е с к е р т у. Бақылаудың өзге түрлері көппайдаланылмайтындықтан, олармен микроскоптыңтөлқұжатында танысуға болады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Металлграфикалық микроскоптар қандай мақсатта пайдала-нылады?
2. Зерттеу зертханаларында қандай металлграфикалық микро-скоптар пайдаланылады?
3. Металлграфикалық микроскоп кескінді қанша есеге үлкей-теді?
4. ММР-1 микроскобының көмегімен қандай материалдарды зерттеуге болады?
5. Металдар мен қорытпалардың құрылымын қандай мақсатта зерттейді?

РОКВЕЛЛ ЖӘНЕ БРИНЕЛЛЬ БОЙЫНША ҚАТТЫЛЫҚТЫ ӨЛШЕУ ӘДІСТЕМЕСІМЕН ТАНЫСУ

Жұмыстың мақсаты — ТЭМП-3 қаттылықты өлшейтін аспаптың көмегімен материалдардың қаттылығын өлшеу әдістерін меңгеру, Роквелл және Бринелль бойынша қаттылықтың көрсеткіштерін анықтау.

ЖАЛПЫ ҰҒЫМДАР

ТЭМП-3 қаттылықты өлшейтін аспап (2.1-сурет) болат қаттылығын, оның дәнекерленген бөлшектерін, сондай-ақ өзге металдар мен резеңке секілді бейметал материалдарды Бринелль (НВ), Роквелл ^RC шкалалары бойынша қиратпай жылдам өлшеуге арналған. Аспапты өндірістік, эксплуатациялық және зертханалық жағдайда машина жасауда, металлургия, энергетика және өнеркәсіптің өзге де салаларында, сондай-ақ жөндеу ұйымдарында пайдалануға болады.

Өлшеу нысаны ірі ауқымды бұйымдар, тораптар және өлшеу кезінде қиындық тударытан бөлшектері бар: иінді білік, құбыр желісі, кронштейндер, тіреуіштер, тегершіктер және т.б. бола алады.

Қаттылықты өлшейтін аспапты:

- цехта түрлі технологиялық процестердің тұрақтылығын бақылау мақсатында жаппай өндірілетін бөлшектердің қаттылығын жедел бақылау үшін қолданылуға болады, мысалға: термиялық және механикалық өңдеу, дәнекерлеу, қысыммен өңдеу және т.б.;
- пайдаланылып отырған жабдықтың қалған ресурсын бағалау үшін жедел тексеруден өткізу үшін пайдалануға болады.

Аспап түрлі радиустағы қисықтығы мен кедір-бұдырлығы МемСт 2789 — 73 бойынша 2,5 *Ra*-дан аспайтын сырты жазық, дөңес және ойыс келген, сондай-ақ түрлі салмақтағы және жуандықтағы заттарды өлшеуге мүмкіндік береді.

Шкала бойынша қаттылықты өлшеу диапазоны:

Роквелл (HRC).....	22...68
Бринелль (HB)	100.450

Шкала бойынша қаттылықты өлшеуде жол берілетін абсолютті қателіктің шегі:

Роквелл (HRC).....	±2,0
Бринелль (HB)	±12

Өлшем диапазонын белгілеу қажеттілігіне қарай қаттылық көрсеткішінің төменгі және жоғарғы мәндері ұлғайтылуы мүмкін. Аспапты қаттылықтың өзге шкалалары бойынша калибрлеу де мүмкін.

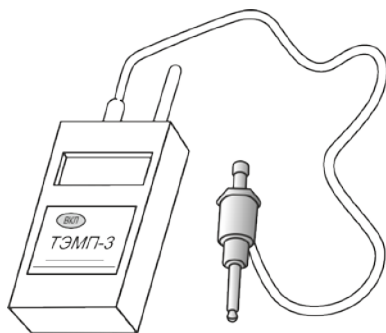
Қаттылықты өлшейтін аспаптың техникалық сипаттамалары

Бір рет өлшеу уақыты, с	5
A, B типті екі элементтен аспаптың қуат алу қысымы.	3
Бір қуаттау кешенінде Үздіксіз жұмыс істеу ресурсы, ч	300
Соңғы өлшеу жүргізгеннен кейін аспаптың автоматты түрде сөну уақыты, мин.....	1,5
Бақыланатын жазықтықтың кедір-бұдырлығы R_a , мкм, аспау керек.....	2,5
Қуат қысымының төмендеу индикациясы, В	1,6 дейін
Шар тәріздес индентордың диаметрі, мм	3
Аспаптың салмағы, кг	0,22
Аумақтық өлшемі, мм	30 x 60 x 130

* Өлшеу орындары тегістейтін машинамен, кертiгi ұсақ егеумен (немесе тегістеуші білдекте) және одан әрі түйірі ұсақ егеуқұм қағазымен тегістеледі.

Қаттылықты өлшейтін құрал динамикалық әрекет ететін, бір- бірімен экрандалған кабель арқылы байланысқан электрондық блок (пластикалық немесе метал корпуста) пен датчиктен тұратын портативті электрондық аспап.

Аспаппен қаттылықты өлшеу қағидасы соққының жылдамдығы мен соққылау құралының кері серпілісінің ара қатынасын анықтауға негізделген, нәтижесінде электрондық блокта Н шартты қаттылық бірлігі пайда болады, ол кейін аспаппен қоса берілген аудару кестелерінің көмегімен (1 және 2 қосымша) HB, HRC (аталған зертханалық жұмыс үшін) қаттылық бірліктеріне ауыстырылады.



2.1. сурет. ТЭМП-3 қаттылықты өлшейтін аспаптың сыртқы түрі

Аспап корпусының беткі жағында сұйық кристалды индикатор (бұдан әрі дисплей), «Вкл» іске қосу-ажырату тетігі, ал үстіңгі жағында датчикті қосуға арналған жалғағыш пен жетек итергіштің ұясы орналасқан.

Корпустың артқы жағында аспаптың зауытта берілген нөмірі мен батарея салуға арналған орын орналасқан.

Қуаттау батареялары (немесе аккумуляторлар) батарея салынатын орында белгіленген нөмірге сәйкес салынады.

ЖАЛПЫ ҰҒЫМДАР

1. Аспапты қарап-тексеріп, 1 блок, 8 датчик, 7 байланыстырушы кабельде (2.2 сурет) механикалық зақымдалулар жоқ екеніне көз жеткізу қажет.

Е с к е р т у . Егер аспап нөлден төмен температурада сақталса немесе даладан әкелінсе оны іске қоспас бұрын екі сағаттан кем емес уақытқа бөлме температурасында қоя тұру керек.

2. Үлгіні зерттеуге дайындау:

- өлшеу аймағының үстін қақ, оксидті қабықша, май, тотық және т.б. тазарту керек;
- өлшеу аймағының диаметрі шамамен 20 мм болатын бетін егеумен тазартып, шүберекпен сүртіп шығып, кедір-бұдырлығы $Ra\ 2,5$ мкм-дан аспауын қамтамасыз ету керек.

3. Датчикті электрондық блокпен байланыстыру керек. Батарея салынатын орынға қуаттау элементтерін орналастыру қажет. 3 итергішті аспаптың корпусына бұру керек (2.2 суретке қараңыз).

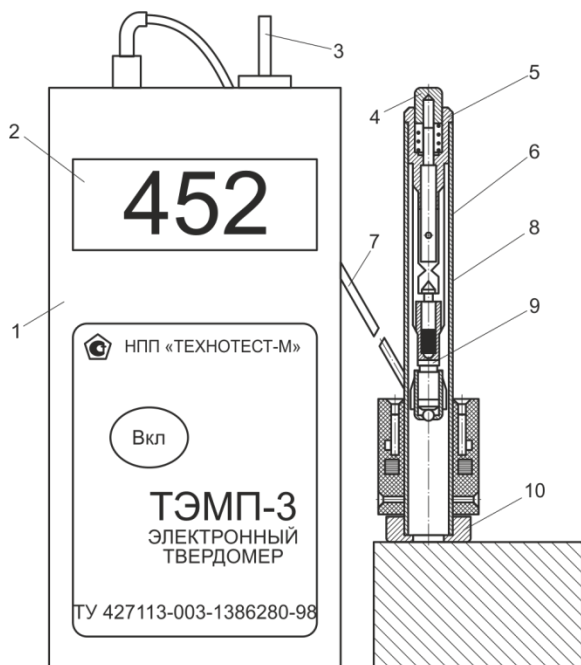
4. 10 тірек сақинасы мен датчиктің 5 взвод механизмі 6 бағыттаушы трубкаға қарай берік бұралғанын тексеру керек.

5. «Вкл» тетігін басып аспапты іске қосу керек. Бұл кезде сол жақтағы дисплейде «1» саны шығуға тиіс.

6. 3 итергіштің көмегімен 9 соққылау құралын шеткі жағымен 10 датчиктің тірек сақинасына қарай сарт етіп бекітілгенше баяу көтеру керек, осыдан соң итергіш алынып тасталады.

7. Датчикті бұйымның сыналатын бетіне тікелей орналастырып, оны бір қолмен бетіне қарай нықтап итеріп тұрып, екінші қолмен 4 іске қосу тетігін басу керек. Соққылау құралы зерттелетін бұйымның бетімен соғылғаннан кейін аспаптың дискісінде Н үш мәнді сан түрінде өлшеу нәтижесі пайда болады.

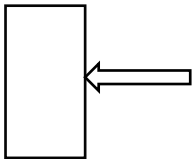
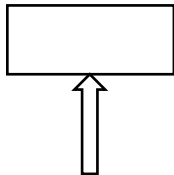
8. Аударма кестелерінің көмегімен (1 және 2 қосымша) шыққан Н мәнді талап етілген HB және HRC қаттылық нәтижесіне айналдыру керек.



2.2. сурет. ТЭМП-3 қаттылықты өлшейтін электрондық аспаптың схемасы

1 — электрондық блок; 2 — сұйықкристалды индикатор; 3 — итергіш; 4 — іске қосу тетігі; 5 — датчиктің взвод механизмі; 6 — бағыттаушы трубка; 7 — электрондық кабель; 8 — датчик; 9 — соққылау құралы; 10 — тірек сақинасы

9. Бұдан кейінгі өлшеулерді 2 және 4 тармақшаға сәйкес жүргізу керек.
10. Нақты мәнді алу үшін ең кемі бес рет өлшеу жүргізу керек, осыдан соң нәтижелерінің орташа мәнін анықтау қажет.
11. Аспапты «Вкл» тетігімен сөндіру керек немесе 1,5 мин кейін автоматты түрде сөнуін күту керек.
12. Өлшеу нүктелері арасындағы ең аз қашықтық (іздері бойынша) 3 мм-ден кем емес болғаны дұрыс. **Бір нүктені қайталап өлшеуге жол берілмейді.**
13. Датчикті сыналатын бұйымның бетіне қарай түрлі бұрыштарға қойып қаттылықты өлшеуге болады. Мұндай жағдайда өлшеу нәтижелерін алынған Н мәндерінен түзету коэффициенттерімен (2.1 кесте) ретке келтіру керек.

2.1 кесте Түзету коэффициенттері		
Датчиктің қалпы	Н	Түзету Коэффициенті
	300	-8
	400	
	500	-10
	600	
	700	-12
	300	-24
	400	
	500	-26
	600	
	700	-28

14. Аспаппен жұмыс істеп болған соң іске қосу тетігін басу арқылы датчикті босату керек.
15. Егер қаттылықты өлшейтін аспап ұзақ уақыт бойы қолданылмаса, қуат беру орнынан батареяларды алып тастап тоқтан ажырату керек.

ЖАЛПЫ ҰҒЫМДАР

1. Жұмыстың мақсатын анықтау.
2. Зертханалық жұмыстарға арналған дәптерге сыналатын үлгілерді салу. Үлгілердің материалдарын белгілеу және оларға сипаттама беру. Ол үшін анықтамалықтар мен кестелерді қолдану қажет [1].

3. Аударма кестелердің көмегімен (1 және 2 қосымша) алынған Н мәнін HB және HRC-ге аудару.

4. Нәтижелерді талдап шығып, материалдың маркасы туралы қорытынды шығару керек.

5. Алынған нәтижелерді механикалық сипаттамалар кестесіндегі мәліметтермен салыстыру.

6. Алынған мәліметтерді салыстырып, нақтылығы туралы қорытынды шығару қажет.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. ТЭМП-3 қаттылықты өлшеу аспабының көмегімен металдар мен қорытпалардың қандай механикалық қасиеттерін анықтауға болады?
2. Аударма кестесінің көмегімен қаттылықты қандай сандарын анықтауға болады және ол қалай істеледі?
3. ТЭМП-3 қаттылықты өлшеу аспабы өндірісте қандай мақсатта қолданылады?
4. Қаттылықты өлшейтін аспапты қалайша жұмысқа дайындау керек?
5. ТЭМП-3 қаттылықты өлшеу аспабының көмегімен Роквелл және Бринелль бойынша қаттылық шамасын қалай анықтауға болады?

БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ЖАСАҚТАМАНЫ ҚОЛДАНЫП РОКВЕЛЛ ЖӘНЕ БРИНЕЛЛЬ БОЙЫНША ҚАТТЫЛЫҚТЫ ӨЛШЕУ ӘДІСТЕМЕСІМЕН ТАНЫСУ

Жұмыстың мақсаты — ТЭМП-3 қаттылықты өлшеу аспабы мен тиісті бағдарламалық жасақтаманың көмегімен материалдардың қаттылығын өлшеу әдістерін меңгеру. Роквелл және Бринелль бойынша қаттылық кестесін шығару.

ЖАЛПЫ ҰҒЫМДАР

Өлшеу құралдары мен материалдар. Бағдарламамен жұмыс істеу үшін:

- қаттылықты өлшеу аспабы;
- Талап етілген қаттылықты аудару кестесі бойынша (мысалға, Бринелль бойынша — өлшемдер 100; 200 и 400 НВ деңгейінде) сол қаттылық шкаласы бойынша қаттылықтың стандартты өлшемдерінің жиынтығы (МТР және МТБ);
- Беті жалпақ тегістелген (Ra 1,25 мкм) ірі болат немесе шойын плита (диаметрі — 200...500 мм, биіктігі 60.100 мм);
- ЦИАТИМ-221, УТ (консталин) сияқты қою жақпа май, техникалық вазелин, солидол болу керек.

Бөлме температурасында сұйылмайтын жақпа майлары қолдану керек.

Қаттылықтың стандартты өлшемдерін тексеру әдістемесіне сәйкес көлденең орналасқан ауқымды плитаға жанасып тұруы керек.

Қаттылықты өлшеу аспабын сынақтан өткізу. Қаттылықтың стандартты өлшемдерін плитаға жанастырып қою керек. Ол үшін оның тіреуші бетіне МемСт 9433 — 80 бойынша ЦИАТИМ-221 немесе МемСт 1957 — 73 бойынша УТ (консталин) жақпа майын немесе құрамы осыларға ұқсас басқа жақпамайды жұқалап жағу керек. Өлшемдерді металл беттерінің тікелей байланысы болмайтындай, яғни өлшемдер «жабысып

қалу» үшін плитамен жанастыру керек.

«Вкл» іске қосу тетігінің және бөлу индикациясының жұмыс істеп тұрғанын тексеру қажет. Ол үшін қаттылықтың кез келген өлшемінде ең кемі үш рет өлшеу жүргізу керек.

Қаттылықты өлшеу аспабының өлшеудегі абсолютті олқылығын анықтау. Қаттылықты өлшеу аспабының өлшеудегі абсолютті олқылығын анықтау қаттылықтың стандартты өлшемдерінде аспаптың ұштығы көлденең бағыттталып тұрған кезде (жоғарыдан төмен) анықтау керек.

Қаттылықтың стандартты өлшемерінің әрқайсысын (3.1 кесте) бес рет өлшеп, алынған нәтижелердің орташа мәнін шығару қажет және қоса берілген аударма кестелері бойынша (1 және 2 қосымша) оларға сәйкес қаттылық мәні анықталады.

H_{cp} орташа мәнін, оған сәйкес келетін қаттылық мәнін және қаттылықтың стандартты өлшемдерінің номиналды мәнін дәптерге жазып алу қажет.

3.1 кесте. Өлшем типтері және олардың қаттылығының мәндері

Өлшем типтері	Қаттылық мәндері
Роквелл бойынша қаттылық өлшемі (РҚӨ)	$(25 \pm 5)HRC$ $(45 \pm 5)HRC$ $(65 \pm 5)HRC$
Бринелль бойынша қаттылық өлшемі (БҚӨ)	$(100 \pm 25)HB$ $(200 \pm 50)HB$ $(400 \pm 50)HB$

Е с к е р т у . Қаттылықты өлшеу аспабының метрологиялық сипаттамасын нақтылықпен өлшеуге мүмкіндік беретін тексерудің өзге түрлерін де қолдануға болады.

Қаттылықты өлшеу аспабының өлшеудегі абсолютті олқылығының шегі стандартты өлшемнің әрқайсысында мына мәндерден асып түспеу керек:

- Роквелл шкаласы бойынша $(HRC) \pm 2$;
- Бринелль шкаласы бойынша $(HB) \pm 2$.

Егер стандартты өлшемдердің әрқайсысында қаттылықты өлшеудің абсолютті олқылығы жоғарыда аталған мәндерден аспаса қаттылықты өлшейтін аспап жарамды деп есептеледі.

Windows-95 — Windows XP жүйелерінде жұмыс істейтін бағдарламалық жасақтаманы дискетадан (дисктен) (каталог TEMP-3) пайдаланушы компьютерінің қатты дискісіне көшіру керек.

ЖҰМЫСТЫ ОРЫНДАУ ТӘРТІБІ

1. Қаттылықтың стандартты өлшемерінің әрқайсысын аспаптың Н шкаласы бойынша бес рет өлшеп, алынған нәтижелердің орташа мәнін сандар жұбы түрінде жазып шығу қажет:

Н	НВ
337	105
445	216
605	416

2. Н — НВ үш жұп түрінде шыққан мәндерді пайдалана отырып, аспаппен бірге дискетада (дискте) берілетін TEMP-3 бағдарламасының көмегімен қаттылықты аудару кестесін шығарып алу керек.

Ол үшін:

- **TEMP-3** каталогынан **temp-3.exe** файлын таңдап, **Enter** басу керек — бағдарламаның жұмыс терезесі — **Операциялық кестелер есебі** ашылады;
- **Аспап №** терезесіне аспаптың нөмірін енгізу керек, мысалға 040. Меңзерді жеке терезеде немесе терезелер арасында тінтуірдің көмегімен не компьютер пернетақтасындағы **Tab** пернесін басу арқылы жылжытуға болады.
- Сипаты терезесіне кестенің атауын енгізу қажет, мысалға, **НВ қолдану бойынша аударма кестесі** (немесе Роквелл бойынша — HRC);
- **Шкаланың атауы** терезесінде шкаланың әріптік атауын енгізу керек, мысалға, **НВ** (немесе HRC);
- **Аппроксимациялық нүктелер** терезесіне Н—НВ сандар жұбының тиісті мәндерін енгізу қажет. Ол үшін **Қосу** тетігін басу керек, пайда болған **Аппроксимация нүктесі** терезесіне сандық мән енгізіледі. **Аппроксимациялық нүктелер** терезесінде енгізілген Н—НВ мәндері пайда болады. **Қосу** тетігін тінтуірмен басып қалып, дәл солай екінші жұпты (412 Н — 175 НВ), одан кейін үшінші жұпты (641 Н — 415 НВ) енгізу керек;
- егер HRC—Н жұбының сандық мәні енгізілсе, онда оның сандық мәнінің арасы, мысалға, 63,9 HRC үтірмен бөлінеді;
- НВ—Н белгілі бір жұптық мәнін өшіру үшін оны тінтуірдің меңзерімен белгілеп алып, **Өшіру** тетігін басу керек;
- Қате енгізілген сандарды түзету үшін осы санның үстіне тінтуірмен

- екі рет басып, дұрыс мәнді енгізу керек;
- **Аппроксимация әдісі** терезесінен талап етілген аппроксимация әдісі таңдалады, мысалға, бөлшек-желілік (немесе ең кіші квадраттар әдісі). Егер ең кіші квадраттар әдісі таңдалса, **Аппроксимациялық полином дәрежесі** деген парақша пайда болады, мұнда талап етілгеніне қарай 2-ден 9-ға дейінгі аппроксимация дәрежесін белгілеуге болады, аталған жағдайда — 3;
- **Үтірден кейінгі белгілер саны** терезесінде НВ үшін **0**, ал HRC үшін **00** таңдалады;
- Бринелль бойынша кестесінің шектік мәні, мысалға, 95 НВ, және НВ бойынша соңғы мән, мысалға, 460 НВ. НВ (немесе HRC) бойынша әріптік атау **Шкаланың атауы** терезесінде енгізілген түрдегідей беріледі. Бұл жағдайда — НВ;
- Кестенің қадамы терезесінде Н бойынша кесетенің қадамы енгізіледі, мысалға, 2;
- **Кестені басып шығару** тетігін тінтуірмен басу арқылы қаттылықты аудару кесетесін басып шығарып, одан кейінгі ашылған **Аппроксимациялық кесте** терезесінде **Кестені басып шығару** тетігін басу керек — принтер қаттылық шкаласының, аталған жағдайда Бринелль бойынша (НВ) шкаланың Н бірліктерінің аударма кестесін басып шығарады;
- **Аппроксимациялық кесте** терезесінде қисық сызықтың бөлінуін көруге болады, мысалға, НВ—Н және оған енгізілген нүктелер мен **Айналдыру белдеуін** пайдалана отырып графиктің сол жағында орналасқан терезеден НВ—Н тәуелділігінің сандық мәнін көруге болады;
- **Графикті басып шығару** тетігін тінтуірмен басу арқылы графикті шығарып алу керек;
- енгізілген мәліметтер мен баптауларды файл ретінде сақтау үшін (одан кейін пайдалану мақсатында), мысалға, Бринелль бойынша қаттылық шкаласында **Шкала** мәзірін тінтуірмен басып, **Шкаланы сақтау** тармағын таңдау керек, файлға атау беру қажет, мысалға, **НВ tbl**, осыдан соң **Enter** басылады;
- бағдарламамен жұмыс істеу реті **temp. Нір** файлында сипатталған, оны **Анықтама** мәзірін тінтуірмен басу арқылы көруге болады;
- жұмыс бағдарламасынан шығу үшін **Шығу** мәзірін тінтуірмен басу қажет.

3. Бағдарламалық жасақтама жазылған дискетада (дискте) шаблон-шкалалар жазылғандықтан, қаттылық кестесін басып шығаруды жеңілдетуге болады:

- **temp-3. Exe** файлын ашып, шаблон-шкаланы жүктеп алу керек, мысалға, **HB tbl**, осыдан соң өзіңнің ТЭМП-3 қаттылықты өлшеу аспабыңның нөмірі, өзіндегі қаттылықтың стандартты өлшемдері бойынша Н—НВ мәндерін енгізу керек;
- Жоғарыда сипатталғандай қаттылықты аудару кестесін басып шығару керек. Қажеттілігіне қарай басып шығарылатын қаттылық кестелерінің диапазонын өзгертуге болады.

ЖҰМЫС НӘТИЖЕЛЕРІН РӘСІМДЕУ

1. Жұмыстың мақсатын анықтау.
2. Зертханалық жұмыстарға арналған дәптерге таңдалған қаттылық үлгісінің (немесе өлшемінің) типін жазып қою керек.
3. Аспапты тексеру нәтижелерін талдап, жазып шығу қажет.
4. НВ бойынша қаттылық шкаласына Н бірліктерінің аударма кестесін шығарып алу.
5. НВ—Н тәуелділігінің графигін шығару керек.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Бағдарламалық жасақтаманың көмегімен материалдардың қаттылығын бақылаудың мәні неде?
2. Бағдарламамен жұмыс істеу үшін қандай заттар қажет?
3. ТЭМП-3 қаттылықты өлшеу аспабын сынақтан өткізу үшін не істеу керек?
4. ТЭМП-3 қаттылықты өлшеу аспабымен қаттылық өлшемдерінің абсолютті олқылығын қалайша анықтауға болады?
5. Бағдарламамен жұмыс істеу тәртібі қандай?

МЕТАЛДЫҢ МАКРОҚҰРЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ (МАКРОТАЛДАУ)

Жұмыстың мақсаты — макроталдаудың кейбір әдістерімен және ол анықтайтын металдың кемшіліктерімен танысу.

ЖАЛПЫ ҰҒЫМДАР

Макроскоптық талдау деп сынық жерді немесе арнайы дайыналған металл бетін ешқандай құралсыз немесе 50^x ке дейін үлкейтетін лупаның көмегімен қаралатын зерттеуді атайды.

Макроқұрылым күйма, шыңдалғы, бөлшектер немесе сынған жердің бетінде зерттеледі. Алайда макроқұрылым көп жағдайда беткі жағы білдекте тазартылған немесе қатты тегістейтін қағазбен тегістелген және спиртпен сүртілген үлгі ретіндегі макросылмада зерттеледі.

Талдауға алынған бетте кірдің ізі болмауға тиіс, сондықтан оны жақсылап жуып, құрғатады. Көп жағдайда күйдіру (травление) (терең немесе жеңіл) қолданылады. Сынуды зерттеу үшін үлгілерді немесе бөлшектерді кесіп, кесілген жерден пресс немесе копрмен бұзады.

Макроталдау металдың жалпы құрылымы туралы түсінік береді және өңдеудің сан түрінен кейін: балқыту, қысымен өңдеу, дәнекерлеу, термиялық және химико-термиялық өңдеуден кейін оның сапасын бағалауға мүмкіндік береді.

Макроталдау көмегімен:

- металл тұтастығының бұзылуы: үгілуі, ұсақ тесіктерінің, көпіршіктердің, кристалл аралық жарықшақтардың болуы; қысыммен өңдеу және термиялық өңдеудің салдарынан пай болған жарықтар; флокендер; дәнекерлеудің кемшіліктері (шала дәнекерленуі, газ көпіршіктері);

- дендриттік құрылым, транскристалдану аймақтары, құйма металдағы түйіршіктердің өлшемі мен орналасуы;
- құйма металдың химиялық әртектілігін (ликвация) және онда дөрекі бөгде қосылыстардың болуы;
- деформацияланған металдың талшықты құрылымы;
- термиялық немесе химико-термиялық өңдеудің салдарынан пайда болған металдың құрылымдық немесе химиялық әртектілігі;
- Сынудың түрі (тұтқыр, әлсіз, тозығы жетіп сыну, тас тектес және т.б.) анықталады.

Макроталдауды өткізу әдістері сан түрлі және металдың құрамы мен зерттеуші алдына қойылған міндетке байланысты.

Дәнекерленген байланыс сапасын зерттеу. Дәнекерлеу кезінде материалдың тігісі жанындағы аймақ қызып кетуі мүмкін, нәтижесінде термиялық эсер аймағы пайда болады. Қызып кеткен болаттың ірі түйірлі құрылымның себебінен әдетте иілгіштігі мен соққыға төзімділігі төмендейді.

Дәнекерленген байланыс аймағында шала дәнекерлеу түріндегі кемшіліктер кездесуі мүмкін, яғни негізгі және балқытылған металл арасында, сондай-ақ бірнеше қабат тігістерде балқытылған металдың жекелеген қабаты арасында саңылаулар қалып қояды. Негізгі металдың жиектерін жеткілікті қыздырмау, дәнекерленетін байланыстарды қате жинау, металл жиектерін жеткілікті түрде тазалау және т.б. шала дәнекерлеуге алып келеді.

Дәнекерленген байланыстардың ең қауіпті кемшілігі жарық болып табылады. Әдетте ол термиялық эсер еткен аймақта кездеседі. Дәнекерлеу кезінде жарықтардың пайда болуына бірінші кезекте тігісті және термиялық эсер аймағын суыту жылдамдығының тым жоғары болуы және реттелмеуі себеп болады.

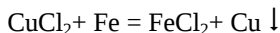
Тігістің бетіне шығатын немесе оның терең қабаттарында жасырынған газ кеуектерінің диаметрі әдетте бірнеше миллиметрден аспайды. Олардың пайда болу себебі: дәнекерлеу алдында үлгінің бетін қажетті май және сырдан дұрыс тазалау, майлағаннан кейін электродтарды жеткілікті деңгейде кептірмеу, газдың шығуына кедергі келтіретін балқыған металды суыту жылдамдығының жоғары болуы.

Дәнекерлеу тігістеріндегі көпіршіктер көп жағдайда негізгі және балқытылған металл арасындағы шекарада, яғни тігістің ең қауіпті жерінде орналасады. Газды кеуектер топтасып орналаспағаны дұрыс. Кеуек тігісті әлсіз етіп, дәнекерленген байланыстың иілгіштік қасиеттерін төмендетеді.

Оксидтер мен шлак қосылыстар тігістің ең қауіпті кемшіліктерінің бірі болып табылады.

Дәнекерленген тігістің сапасын анықтап, дәнекерлеу кезіндегі термиялық әсер аймағының химиялық әртектілігін (күкірт, фосфор, көміртек бойынша), макрожарықтардың болуын және т.б. анықтау үшін әмбебап Гейн реактивінде — мыстың хлорлы-аммиакты 10%-дық ерітіндісінде ($\text{CuCl}_2 \cdot \text{NH}_4\text{Cl}$) макросылмаларды күйдіру жүргізіледі.

Болат немесе шойынның тегістелген үлгісі тегістелген бетімен реактивке салынады. Үлгіні аталған ерітіндіге салу ауыспалы реакцияны тудырады:



Нәтижесінде темірдің бір бөлігі еріп, ерітіндіден мысты ығыстырады, ол зерттелетін үлгінің бетінде қалады.

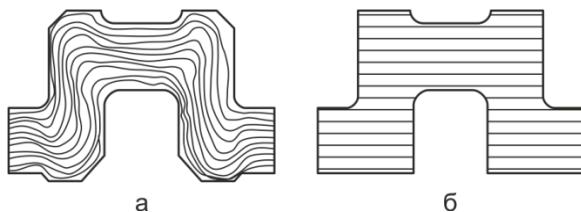
Үлгіні ерітіндіде 1-2 мин бойы ұстайды, осыдан соң үлгінің бетінде қалған мыс қабатын су ағынымен шайып өтеді, үлгіні фильтр қағазымен құрғатады.

Егер осыдан соң үлгінің беті біркелкі түске боялса, бұл металдың біртектілігін көрсетеді. Егер күңгірт жерлері болса, бұл жерлер күкірт, фосфор және көміртекпен байытылғанын білдіреді. Зерттеудің аталған әдісі *Гейн әдісі* деп аталады.

Сонымен бірге осы әдістің көмегімен қысыммен ыстық өңдеуден алынған бұйымдағы талшықтардың орналасу сипатын анықтауға болады, себебі ыстықпен өңделген металдың талшықты болуы оның химиялық әртектілігімен байланысты.

Мұндай өңдеу барысында бастапқы металл құймасының макроқұрылымы өзгереді: дендриттер жіңішкеріп, талшықтарға созылады.

Сондай-ақ талшықтардың орналасуы бойынша деформацияланған әзірлемеден бұйымды жасау үшін кесіп өңдеу қолданылғанын немесе қолданылмағанын анықтауға болады.



4.1. сурет. Талшықтары дұрыс (а) және дұрыс емес (б) орналасқан иінді біліктің бойлай тілігінің макроқұрылымы

Себебі талшықтың бойымен кесілген үлгілердің соққы тұтқырлығы, иілгіштігі және зақымдалуға төзімділігі жоғары, сондықтан бұйымды жасаған кезде ондағы талшықтардың кесілмеуін, яғни бұйымның конфигурациясына еруін (4.1 сурет), ондағы болатын максималды кернеу талшықтардың бойымен өтетіндей жасауға тырысу керек. Бұл әсіресе жоғары күшпен жұмыс істейтін бөлшектер үшін аса маңызды.

Деформацияланған болаттан кесу арқылы бөлшек жасау кезінде, әдетте, талшықтар кесіледі, бұл өндеудің осы әдісінің кемшілігі болып табылады (4.1, б сурет).

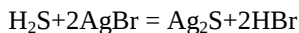
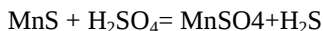
Дендритті құрылымды анықтау үшін тұз қышқылының (HCl) 50 бөлшегінен және судың 50 бөлшегінен тұратын реактив қолданылады. 60...70 °C-қа дейін қыздырылған бұл реактивте үлгіні 45 мин бойы ұстап күйдіріп өңдейді. Жұмыс сорып шығатын шкафта жасалады. Реактив металл құрылымының құрамдас бөліктерін түрліше ерітеді, бұл оның дендритті құрылымын анықтауға мүмкіндік береді. Дендрит бұталарының химиялық құрамы әркелкі, сондықтан олар түрліше жылдамдықпен ериді.

Күйдіріп өңделгеннен кейін үлгілерді сумен жуып, кептіреді. Дәл осы реактив металдың тұтастығын бұзатын кемшіліктерді: макрожарықтар, микросызаттар және т.б. анықтайды және оны ешқандай құралсыз көруге мүмкіндік береді.

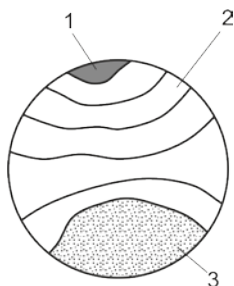
Бауман әдісімен күкірт ликвациясын анықтау. Күкірт (болаттың құрамында MnS және FeS сульфидтері түрінде болады), фосфор, көміртек және бірқатар басқа элементтер кристалдану барысында құйманың кесіндісі бойында ретсіз орналасуға бейім тұрады, бұл оның жекелеген аумақтарының қасиеттеріне жағымсыз әсер етеді. Химиялық құрам бойынша мұндай әртектілік ликвация деп аталады.

Бұйымның кесіндісі бойынша күкірттің орналасуын зерттеу үшін Бауман әдісі қолданылады.

Құрамында күміс бромиді бар фотоқағаз парағын күкірт қышқылының 5%-дық ерітіндісіне 3.5 минутқа салады. Одан соң мөлшерден тыс қышқылды жою үшін паракты фильтр қағазымен сәл құрғатып, үлгінің тегістелген бетіне эмульсиялы бетімен қояды да 3...4 мин бойы ұстап тұрады. Үлгінің тегістелген бетіне фотоқағазды қойған кезде күкірт қышқылы мен сульфидтер арасында реакция пайда болады:



Пайда болған күкіртті сутек фотоэмульсияның құрамындағы күміс бромидімен әрекеттеседі де фотоқағазда күнгірт қоңыр түсті күміс сульфиді пайда болады.



4.2. сурет. Тозып бұзылу сынығы

1 — сызаттың пайда болу көзі; 2 — тозу аймағы;
3 — сыну аймағы

Фотоқағазды макросылмадан алып тастағаннан кейін оны сумен жуып, гидросульфидке бекітеді, осыдан соң қайтадан жуып, құрғатады.

Егер фотоқағазда пайда болған із біркелкі түстес болса, үлгідегі күкірт тегіс орналасқанын білдіреді, яғни ликвация жоқ деген сөз.

Соккы үлгілерінің сынуы. Сынықтарды зерттеу барынша қарапайым әдіс, бірақ макроталдаудың аса маңызды әдісі болып табылады, себебі көп жағдайда металдың сапасы, өзіне дейінгі өңдеу, бұзылудың себептері және т.б. туралы қорытынды шығаруға мүмкіндік береді. Сынған жерден металдың түйірлігін байқауға болады, осыған сәйкес оның механикалық қасиеттері туралы қорытынды шығаруға болады. Түйіршіктің өлшемі барлық механикалық қасиеттерге, әсіресе иілгіштік пен тұтқырлыққа әсер етеді.

Сынықтың түрі металдың бұзылу сипатына сәйкес келеді. Нәзік және тұтқыр бұзылу деп ажыратылады. Ұсақ түйірлі металл тұтқыр бұзылады, сынудан бұрын пластикалық деформация орын алады. Сынық — тұтқыр (талшықты), бұзылу түйірдің денесі арқылы кесіп өту нәтижесінде орын алады.

Ал ірітүйірлі металл алдын-ала пластикалық деформацияға ұшырамай, бірден сынады, түйір жиектерінің бойымен кристалды сынық пайда болады.

Өңдеу шарттарына байланысты бір металдың сынуы түрліше болуы мүмкін. Ірітүйірлі сыну термиялық өңдеу жүргізілгеннен кейін ұсақтүйірліге айналады.

Тозып бұзылғаннан кейін металдың сынығы тозу аймағы және соңына дейін сыну аймағынан тұрады. Тозу аймағы бірте-бірте тозып пайда болған жарықтың ұлғайғанынан туады. Соңына дейін сыну аймағы — көрсетілген күшке төтеп бере алмай қалған металдың кенеттен бұзылуының нәтижесі. Мұндай үлгіні зерттеуді циклдік қысымның әсерімен байланыстыруға болады (4.2 сурет).

АСПАПТАР, ЖАБДЫҚТАР МЕН МАТЕРИАЛДАР

Жұмысты орындау үшін:

- макросылмалар;
- сынық үлгілер;
- 5%-дық күкірт қышқылының ерітіндісі;
- 25%-дық азот қышқылының ерітіндісі;
- аммоний хлориді (NH_4Cl);
- мыс хлориді (CuCl_2);
- тегістейтін қағаз;
- сүзгіш қағаз;
- фотоқағаз;
- фиксаж қажет болады.

ЖҰМЫСТЫ ОРЫНДАУ ТӘРТІБІ

1. Дәнекерленген қоспаның сапасын зерттеу:

- зерттеуге алынған дәнекерлерленген үлгілердің бетін тегістейтін қағазбен тазарту керек;
- үлгілердің сұлбасын 3 рет айналдыра сызу керек;
- бірінші сұлбада күйдіруден бұрын макросылма бетінің көрінетін кескінін салу керек;
- макросылманың зерттелетін бетін құрамында (1000 мл суға) 53 г аммоний хлориді (NH_4Cl) және 85 г мыс хлориді (CuCl_2) бар Гейн реактивіне салу керек — фосфор және көміртеппен байытылған учаскелер күңгірт түске боялады;
- макросылманы реактивтен шығару керек;
- үлгінің бетінен қалып қойған мыс қабатын ағып тұрған суға қойып, алып тастау керек және фильтр қағазбен құрғату қажет;
- екінші сұлбаға макросылма бетінің көрінетін кескінін салу керек;
- тегістейтін қағазбен үлгінің бетінен күйдіру іздерін өшіру керек;
- суға 25%-дық азот қышқылының ерітіндісінен тұратын реактивке үлгіні 30...60 с-ға салу арқылы дәнекерленген жік аумағынан балқытылған металдың түйіршік тәріздес және дендриттік құрылымын анықтау керек;
- макросылманы сумен жуып кептіру қажет;
- күйдірілгеннен кейін макросылманың кескінін үшінші сұлбаға салу қажет.

2. Бауман әдісімен ликвацияны анықтау.
3. Ликвацияның бар не жоқтығы туралы қорытынды шығару.
4. Берілген металл үлгілерінің сынығын зерттеу:
 - соғылған үлгілерде сынықтың түрі бойынша (ірі не ұсақ түйіршікті) оның сипатын анықтау (әлсіз немесе тұтқыр);
 - тозудан сынған үлгілерде сынықтың түрі мен бұзылуға әкелген себеп арасындағы байланысты анықтау қажет. Екі аймақтың болуын түсіндіру қажет (4.2 суретке қараңыз).

ЖҰМЫС НӘТИЖЕЛЕРІН РӘСІМДЕУ

1. Жұмыстың мақсатын анықтау.
2. Макроталдау бойынша негізгі теориялық ережелерді баяндау (Бауман әдісі, Гейн әдісі, сыну түрлері).
3. Күкірт ликвациясының болуы немесе болмауы туралы қорытынды шығару.
4. Терең және жеңіл өңдеу өткізгеннен кейін алынған нәтижелерді сипаттау.
5. Сынудың түрлерін сызу (тұтқыр, әлсіз, тозудан сыну).

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Металдарды макроскоптық талдау деп нені айтады?
2. Металдарды макроскоптық талдау қандай мақсатта қолданылады?
3. Гейн әдісін сипаттап беріңіз.
4. Бауман әдісін сипаттап беріңіз.
5. Сыну түрлерін санамалап айтыңыз.

МЕТАЛДАР МЕН ҚОРЫТПАЛАРДЫҢ КРИСТАЛДАНУЫН ЗЕРТТЕУ

Жұмыстың мақсаты — кристалдану процесін зерттеу, металл кристалдарының пішінімен танысу, құймалардың құрылымын кескіндеу.

ЖАЛПЫ ҰҒЫМДАР

Заттар үш агрегаттық күйде болуы мүмкін: сұйық, қатты және газ тәрізді. Сұйық күйдің негізгі белгісі ағу, яғни өзі құйылған ыдыстың пішінін қабылдау қасиеті болып табылады. Бұл молекулалардың жылы қозғалысымен түсіндіріледі, яғни тепе-теңдіктің бір түрінен екіншісіне ауысу күйінен сәл ғана ауытқиды.

Өз пішінін сақтау және сыртқы күш әсер еткен жағдайда дене көлемін сақтау қатты күйдің белгісі болып табылады. Бұл ретте атомдар белгіленген тепе-теңдік күйлердің айналасынан шағын жылы ауытқулар жасайды.

Қатты күйдегі материалдар аморфты немесе кристалды болуы мүмкін. Аморфты материалдарда атомдар ретсіз, сұйықтық мұздатылған кезде кездейсоқ құралған жиынтықтар түрінде орналасады. Бұл материалдарда қатты күйге ауысудың белгілі бір температурасы жоқ, ол ағу төмендеп келіп, тұтқырлық жоғарылап келе жатқан температура аралығында қатайды.

Кристалл заттарда атомдар (иондар, молекулалар) кристалдық тор түрінде нақты орны реттеліп орналасады.

Металдардың көпшілігі металлургиялық өңдеуден кейін сұйық — балқытылған күйге ауысады.

Сұйық күйден қаттыға ауысу кристалдардың пайда болуымен және кристалдың тор ретінде құрылуымен байланысты. Сондықтан осындай процесс кристалдану деп аталған. Ол өздігінен орын алатын процесс болып табылады.

$$U = F + TS \text{ немесе } F = U - TS,$$

мұндағы U — қатты дененің толық ішкі энергиясы; F — бірінші кезекте тордағы атомаралық байланыс күшімен анықталатын еркін энергия; TS

атомдардың жылу қозғалысының энергиясымен анықталатын байланысты энергия; T — абсолюттік температура; S — энтропия.

Сұйық күйден қаттыға ауысу кезіндегі еркін энергияның өзгеруін графиктен көруге болады (5.1 сурет).

T_c температурасы — теориялық немесе тепе-тең температура, мұнда сұйық және қатты күйдің еркін энергиясы тең. Бұл температура кезінде екі фаза да бір уақытта ұзақ уақыт бойы бірдей күйде тұруы мүмкін. Сұйық күйдегі зат бұл температурадан жоғары болады және мұндай күй тұрақты болып табылады. Төмен - қатты күйдегі зат тұрақты болады.

Іс жүзінде кристалдану процесі басталатын температура кристалданудың нақты температурасы деп аталады. Кристалдану орын алу үшін сұйықтықты тепе-тең температураға суыту керек.

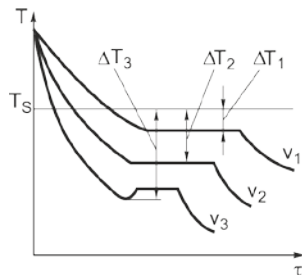
Сұйықтықты T_s -тен төмен суыту тым суыту деп аталады. Тым суытудың шамасы немесе дәрежесі деп кристалданудың теориялық және нақты температуралары арасындағы айырмашылықты айтады: $\Delta T = T_s - T_k$. Тым суыту дәрежесі суыту жылдамдығына (суыту жылдамдығы неғұрлым жоғары болса, тым суыту дәрежесі соғұрлым жоғары болады, аталған металл барынша төменгі температурада кристалданады), балқытпаның табиғаты мен тазалығына (балқытпа неғұрлым таза болса, тым суыту дәрежесі де соғұрлым жоғары болады) байланысты болады.



5.1. сурет. Температураға (T) байланысты сұйық ($F_{\text{сұй}}$ және қатты ($F_{\text{қат}}$) металдың еркін энергиясының (F) өзгеруі

5.2. сурет. Таза металдың қисық суытылуы:

T — температура; ΔT_1 , ΔT_2 , ΔT_3 — суыту жылдамдығындағы шамадан тыс суып кету дәрежелері, v_1 , v_2 , v_3 ; t — уақыт



Ерімеген қоспалардың болуы кристалдану процесін жеделдетіп, тым суыту дәрежесін төмендетеді.

Реттелмеген сұйықтықтың ішкі энергиясы реттелген қатты кристалды денемен салыстырғанда жоғары болғандықтан, кристалдану кезінде жылу бөлінеді, ол кристалданудың жасырын жылуы деп аталады. Ол термиялық қисықтың түріне әсер етеді: таза металдарда көлденең алаң пайда болып, қорытпа қисығының бұрылысы өзгереді. Қисықтың бетінде көлденең алаңдардың тұру уақыты металдың кристалдану процесінің жүру уақыты болып табылады.

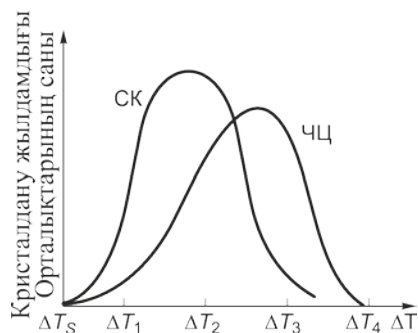
Суытудың жоғары жылдамдығында кристалданудың жасырын жылуының бөліну қарқыны сонша, температура кенеттен көтеріліп, тепе-теңдікке жақындайды.

Кристалдану процесі суытудың қисықтары бойынша зерттеледі (5.2 сурет).

Кристалдану заңдылықтары. Металдың кристалдану процесі екі қарапайым процестен тұрады: кристалданудың ұсақ орталықтарының пайда болуы және осы орталықтардан кристалдардың тарап өсуі. Процестің екеуі де бір уақытта жүреді.

Орталықтар санының пайда болу жылдамдығы деп уақыт бірлігінде пайда болған туындылар санын айтады. Кристалдардың өсу жылдамдығы дегеніміз уақыт бірлігінде кристалл бөлшектерінің желілік өлшемінің ұлғаю жылдамдығы. Бұл шамалар тым суытудың дәрежесіне тәуелді болатын кристалданудың көрсеткіштері болып табылады (5.3 сурет).

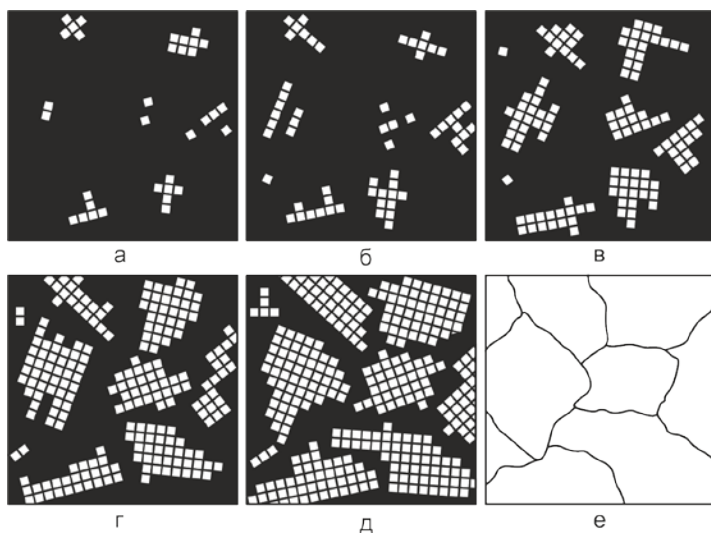
Тым суыту дәрежесі төмен болса сұйықтықта пайда болатын кристалдану орталықтарының саны аз болады және осының нәтижесінде ірі түйірлі құрылым пайда болады. Тым суыту дәрежесі ұлғайған сайын орталықтардың туу жылдамдығы да әлдеқайда жеделдейді, бұл ұсақ түйірлі құрылымның пайда болуына әкеп соғады. Кристалдану шарттарын өзгерту үшін сұйық балқытпаға кристалданудың қосымша орталықтары болып табылатын дисперстік бөлшектер (мысалға,



5.3. сурет. Кристалдану орталықтарының саны (ОС) мен жылдамдығының (КЖ) тым суыту дәрежесіне тәуелділігі

оксидтер) енгізіледі. Мұндай процесс модификациялану деп аталады.

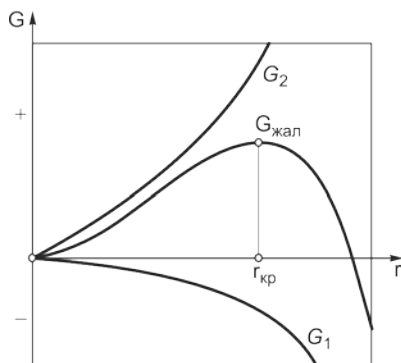
Кристалдану кезінде туындылардың пайда болуы. Сұйық күйден қатты күйге ауысу жаңа фаза туындыларының пайда болуына энергияның жұмсауды талап етеді. Жаңа фаза кристалдық деп аталады және кристалдардың тууы мен көбюі арқылы құралады. Бұл процесс тек жүйенің еркін энергиясы азайған жағдайда ғана іске асырылуы мүмкін (5.5 сурет).



5.4. сурет. Кезең бойынша кристалдану поцесінің схемасы:
а — е — кристалдану кезеңдері

5.5. сурет. Туындылардың пайда болуы мен санының өсуінде термодинамикалық әлеуеттің өзгеруі (Гиббстің еркін энергиясы):

G — термодинамикалық әлеует; r — туындының өлшемі; $r_{кр}$ — тцындының сындық өлшемі; $G_{жал}$ — жүйенің әлеуеті; G_1 — металл көлемінің сұйықтан қаттыға ауысуы есебінен Гиббс энергиясының азаюы; G_2 — артық сыртқы энергия



Егер r ұрығының өлшемі $r_{кр}$ -ден кішкентай болса, ол өсе алмайды, себебі ол үшін жүйенің еркін энергиясының жоғарылағаны қажет. Егер туындының өлшемі $r_{кр}$ -мен бірдей не одан үлкен болса, ол өсуі мүмкін, себебі еркін энергия азаяды.

Өсуге қабілетті туындының ең төменгі өлшемі ұрықтың сындық өлшемі деп аталады, ал тцындының өзі тұрақты деп аталады.

Кристалданудың әр температурасына тұрақты туындының белгілі бір өлшемі жауап береді.

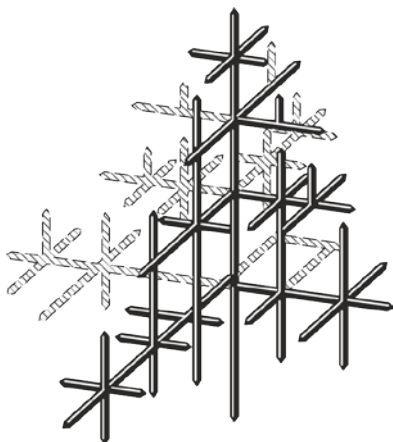
Туындылардың пайда болуының екі механизмі болады:

- гомогендік (өздігінен пайда болатын). Тазалығы жоғары металда пайда болады, сирек кездеседі;
- гетерогендік, туындылар сұйықтықтың бетінде немесе ерітілмеген дисперстік бөлшектерде пайда болады.

Металл кристалдарының пішіні. Металл кристалдарының пішіні сан алуан болуы мүмкін, бірақ көп жағдайда ағашқа ұқсас, бұталарға бөлінген дендриттер атауын иеленген кристалдар пайда болады (5.6 сурет).

Бастапқыда ұзын бұталар пайда болады – яғни бірінші кезектің осьтері. Бірінші кезектің осьтері ұзарумен бірге олардың қабырғасынан өздеріне көлденеңнен екінші кезектің бұталары туындап өсе бастайды. Екінші кезектің осьтерінен өз кезегінде үшінші кезектің осьтері туып, өсе бастайды. Ең соңында дендрит пішінді кристалдар пайда болады, олардың бұталары арасында металдың әлі қатаймаған бөлшегі орналасады. Дендриттің дұрыс пішіні соқтығысу мен процестің ақырғы кезеңдерінде түйірлердің өсуіне байланысты бұзылады.

5.6. сурет. Дендриттің пайда болу схемасы



Дендриттің бұталары арасындағы орын толған кезде дендриттік құрылымды бақылау қиынға соғады — оны тек арнайы күйдіріп өңдеу арқылы ғана анықтауға болады.

Сұйық металдың суу жылдамдығына байланысты түйірлер тең осьті (глобулярлық) немесе бағаналы (созылған) пішінді болуы мүмкін. Таза металл I, II және III осьтер бойынша кристалданады. Металл соңғы кезекте ось аралық кеңістікте кристалданады. Сол себепті химиялық құрам бойынша айырмашылық орын алады, яғни дендритті ликвидация құбылысы байқалады.

Дендритті кристалдардың пайда болу себептерінің бірі кристалдың түрлі кристаллографиялық бағыттар бойынша өсу шарттарының әртүрлі болуы.

Болат құймасының құрылымы. Металды металл қалыпқа құйған кезде (мысалға, болатты құймақалыпқа құюда) құйманың кристалдық құрылымы оның түрлі бөліктерінде бірдей болмай қалады (5.7 сурет). Кристалдану процесі құймақалыптың шеттерінен басталады, яғни сұйық металл суыта бастайтын жерден басталып құйманың орталық бөлігіне қарай жылжиды.

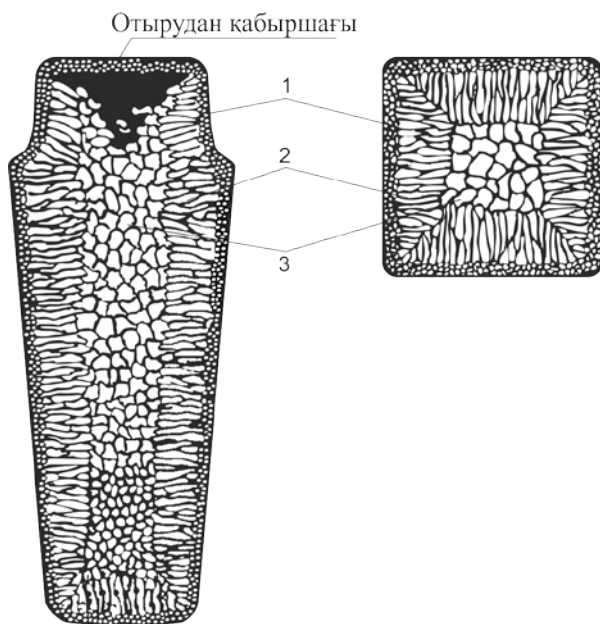
Болат құймасының кристалдану процесі үш кезеңнен тұрады.

Бірінші кезеңде кристалданудың бастапқы кезеңінде суытудың жоғары жылдамдығын қамтамасыз ететін суық металл қалыптың ықпалынан құйманың бетінде ұсақ кристалдар аймағы пайда болады (1). Екінші

кезеңде созылған аталмыш бағаналы кристалдар аймағы қалыптасады. Мұндай кристалдар жылуға қарама-қарсы бағытта өседі.

Соңғы, үшінші кезеңде суытудың дәрежесі ең төмен құйманың орталық бөлігінде үлкен көлемді тең осьті кристалдар аймағы пайда болады (3). Металл қатты ысып, жылдам суыған жағдайда бағаналы кристалдар аймағы құйманың барлығын толтыруы мүмкін. Кристалданудың мұндай түрін транскристалдану деп атайды.

Құйманың көлемінде бағаналы және тең осьті кристалдардың орналасу ара қатынасының үлкен практикалық мәні бар. Бағаналы кристалдар аймағының тығыздығы мен төзімділігі жоғары болады. Алайда бағаналы кристалдардың байланысу орындарында бейметалл қоспалар, ерімейтін қоспалар саны көптеп ұшырасады, металдың иілгіштігі төмен және одан кейін қысыммен ыстық өңдеу жүргізілгенде бұл жерлерде жарық пайда болуы мүмкін. Осыған байланысты әлсіз иілетін металдар, оның ішінде болат үшін бағаналы кристалдар аймағын қалыптастыруды шектеу қажет.



5.7. сурет. Құйма құрылымының схемасы:

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

Іілетін металдар мен қорытпалар (мыс, алюминий және т.б.) үшін транскристалдану дамыту маңызды.

Құймалардың кристалдануымен ликвация қатар жүреді, яғни фазалардың қайта реттелуі нәтижесінде металл құрамында химиялық әртектіліктің пайда болуы. Суытылған балқытпа ликвидус температурасына жеткен кезде онда барынша баяу балкитын кристалдар пайда болады, олар қалыңдыққа байланысты қалған сұйық металдың бетіне қалқып шығуы мүмкін немесе түбінде тұнып қалуы ықтимал. Аяқталар кезеңде кристалдану басқа механизм бойынша жүреді – негізгі фазаның өсетін кристаллдары балқытпаның тез балкитын құрамдас бөліктерін құйманың ең соңынан қататын бөлігіне ығыстырады. Мұндай процесс аймақтық ликвация деп аталады.

Құймалардың макроүлгілері балқыту кезіндегі болаттың қышқылсыздануы туралы мәлімет береді. Егер болатты қышқылсыздандыру марганец, кремний және алюминиймен жүргізілсе, онда мұндай болат жайлы деп аталады және құйманың жоғарғы бөлігінде концентрацияланған шөгіндік қаяу бар берік құйма ретінде көрінеді. Кристалдану кезінде металл көлемінің азаюы салдарынан шөгіндік қаяу пайда болады.

Егер болат тек марганецпен ғана қышқылсыздандырылса, онда мұндай болат қайнаған деп аталады. Оның барлық көлемі бойынша қаяу мен көпіршіктер болады.

Тұздар мен металл қорытпалары үшін кристалдану заңдылықтары бірдей болғандықтан, аталған зертханалық жұмыста металдардың кристалдану процесі судың булануы кезінде су ерітінділерінен түрлі тұздардың кристалдану процесінен модельденген. Ол үшін ерітіндінің тамшыларын шыны пластинкаға жағады. Су булана бастайды, ерітінділер қанығады және аздаған уақыт өткен соң тұз кристалдары бөліне бастайды. Шеттеріндегі жұқа қабатта судың булануы тезірек аяқталады және осы аймақтарда ұсақ кристалдар көптеп пайда бола бастайды (суытудың жоғарғы дәрежесі). Кристалдану аймағы қалыңырақ қабатқа өткен сайын кристал өлшемдері үлкейе береді де олардың пішіні дұрыстала бастайды.

АСПАПТАР, ЖАБДЫҚТАР МЕН МАТЕРИАЛДАР

Жұмысты орындау үшін:

- МБС-9 немесе МБС-10 биологиялық микроскоп;
- шыны пластинкалар;
- шыны таяқшалар;
- NH_4Cl , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ тұздарының су ерітінділері

ЖҰМЫСТЫ ОРЫНДАУ ТӘРТІБІ

1. Шыны таяқшамен шыны пластинканың үстіне хромпик тұздарының ($K_2Cr_2O_7$), аммоний хлоридінің (NH_4Cl) және күкірт нитраты ($Pb(NO_3)_2$) су ерітінділерінің тамшыларын жағу керек.

2. Биологиялық микроскоптың көмегімен кристалдану процесінің механизмін бақылау.

ЖҰМЫС НӘТИЖЕЛЕРІН РӘСІМДЕУ

1. Кристалдану процесін түрлі кезеңдерде (бастапқы, аралық және қорытынды) кесіндеу.

2. Кристалдардың дендритті пішінін кесіндеу.

3. Болат құймасының құрылымын сипаттау.

4. Жұмыс бойынша жазбаша есеп дайындау.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Кристалдану заңдарын тұжырымдаңыз.

2. Кристалдану кезінде жүйе энергиясы қалайша өзгереді?

3. Тым суып кету деңгейі дегеніміз не?

4. Кристалдану процесі қандай факторларға тәуелді?

5. Дендрит дегеніміз не және ол қалай пайда болады?

6. Ауыспалы өлшем бастауы дегеніміз не?

7. Болат құймасының құрылымы қандай?

8. Модификациялау дегеніміз не?

ПЛАСТИКАЛЫҚ ДЕФОРМАЦИЯ МЕН ОДАН АРҒЫ ҚЫЗДЫРУДАН КЕЙІН МЕТАЛЛ ҚҰРЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ

Жұмыстың мақсаты — деформацияланған және қайта кристалданған металдың құрылымын зерттеу.

ЖАЛПЫ ҰҒЫМДАР

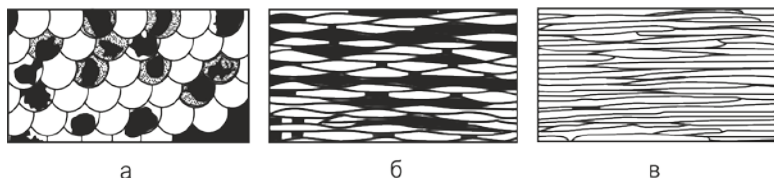
Күш көрсету әрекетінен кейін үлгінің пішіні мен өлшемінің өзгеруі деформация деп аталады. Серпімді және пластикалық деформация деп ажыратылады.

Қысым алынып тасталғаннан кейін жойылатын деформация серпімді деп аталады. Бұл кезде кристалдық тордағы атомдар сәл ғана жылжиды және орнына келе алады, серпімді деформацияда металдың құрылымы мен қасиетінде айтарлықтай өзгерістер орын алмайды.

Ал қысым алынып тасталғаннан кейін жойылмайтын деформация пластикалық деп аталады. Бұл жағдайда металдардың пішіні, құрылымы мен қасиетінде қайта орнына келмейтін өзгерістер орын алады. Кристаллдың (түйірдің) бір бөлшектерінің белгілі бір кристаллграфикалық сырғу кеңістіктері бойынша көршілес бөлшектерге қарай түйір ішіндегі жылжу пластикалық деформацияның негізгі механизмі болып табылады. Аталған жылжу атомдық деңгейде кристалл бойынша орналасу орнын ауыстыру жолымен іске асырылады.

Деформацияға дейінгі металдың құрылымы 6.1, а суретте көрсетілген. $\epsilon = 40\%$ деформация деңгейінде түйірдің пішіні өзгереді, олар қолданыстағы жүктемеге көлденең бағытта созылады (6.1, б сурет). Деформация деңгейі жоғары болған сайын ($\epsilon = 80\%$) металдың құрылымы талшықты бола бастайды (6.1, в суреті).

Жылжымалы пластикалық деформация металда тек сырғудың нәтижесінде ғана емес, сонымен қатар егіздену нәтижесінде орын алуы мүмкін, яғни кристалдың шектелген бөлігіндегі атомдардың ауысуы,



6.1. сурет. Металдың пластикалық деформациясы кезінде құрылымның өзгеруі:

a — деформацияға дейінгі металдың құрылымы; *б* — $\varepsilon = 40$ деформациядан кейінгі металдың құрылымы; *в* — $\varepsilon = 80$ % деформациядан кейінгі металдың құрылымы.

монокристалдың бір бөлігі оның екінші бөлігіне қатысты аударылып тұрады да оған симметриялы болып тұрады.

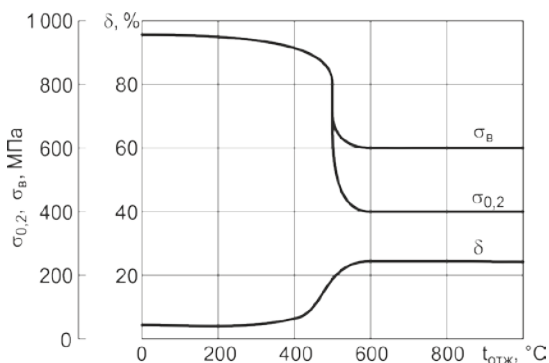
Пластикалық деформация кезінде орналасатын орынның тығыздығы жаңа орындардың тууы есебінен, оның ішінде түрлі кедергілерден өткеннен кейін (басқа орындар және кристалдық құрылымның кемшіліктері) бар орындардың көбеюі есебінен (бөлінуі) 10^{12} см⁻²-ге дейін ұлғаяды. Бұл металдың деформациялық орнығуына яғни нығыздалуына, сонымен бірге басқа да механикалық және физика-химиялық қасиеттердің өзгеруіне әкеледі (6.2 сурет)

Металл 50...70% деформацияланған кезде оның тығыздығы мен қаттылығының шегі әдетте 1,5-2 есеге артады, ал иілгіштігі бірден 20-30 есеге төмендейді (ұзарудың салдарынан).

Нығыздалған металды иілгіштігін жоғалтқаны салдарынан одан әрі қысыммен өндеуге (суықтай қалыптауға, сүзуге, жұқартуға) болмайды (6.3 сурет).

Деформация дәрежесі жоғарылаған кезде түйірлер күш әрекетін бойлай созылады. Деформация дәрежесі жоғары болған сайын түйірлер көрсетілген көшті бойлай бағытталады, бұл деформацияны тудырады. Түйірлердің осындай қолайлы кристалл графикалық бағыттамаcы деформацияның текстурасы деп аталады.

Пластикалық деформацияның салдарынан металл еркін энергия деңгейі көп құрлымдық жағынан орнықсыз күйге жеткізеді. Металды бастапқы, әлдеқайда тұрақты күйге қайтаратын құбылыс өздігінен өтуге тиіс. Бірақ төмен температурада металдардың құрамындағы атомдардың шапшаңдығы жеткіліксіз болады және нығыздалған металдың осындай орнықсыз күйі бірталай уақыт сақталады.



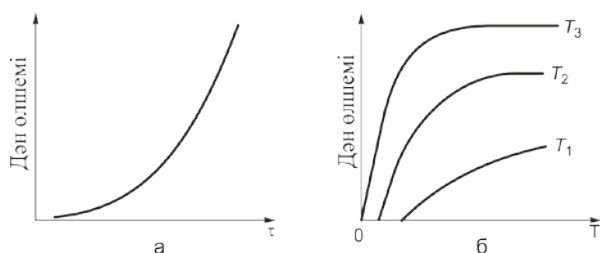
6.2. сурет. Нығыздалған металдың механикалық қасиетіне қызудың тигізетін әсері:

δ — салыстырмалы ұзару; σ_B — төзімділік шегі; $\sigma_{0,2}$ — қалдық деформация үлгінің бастапқы ұзындығынан 0,2 %-на тең болғандағы кернеу

Қыздырған кезде атомдардың шапшаңдығы артады да металл орнықты күйге тезірек ауысады.

Деформацияланған металды салыстырмалы түрде сәл қыздырғанда серпінді кернеу алынып, атомдардың бір монокристалдың шегінде орын ауыстыруы салдарынан тор бұзылады. Бұл ретте монокұрылымда өзгерістер орын алғаны аса байқалмайды, десе де қасиеттердің бір бөлігі қайтарылады. Мұндай процесс демалыс деп аталады.

Металды қайта кристалдану процесінің басталуына жол ашып, белгілі бір температураға дейін қыздыру арқылы нығыздалуды жойып, металдың иілгіштігін арттыруға болады.



6.3. сурет. Суытып қатайту ұзақтығы (а) мен температурасының (б) қайта кристалданған түйірге тигізетін әсері:

$T_1 < T_2 < T_3$; T — температура; t — уақыт

Ол келесі кезеңдерден тұрады:

- T_p^n қайта кристалданудың бастапқы температурасынан аспайтын жоғары емес температураға дейін қыздыру. Нығыздалған металда бос орындарды қайта бөлумен және түйір пішініндегі өзгерістердің микроскопта көрінетін құбылыстарымен байланысты қайтымды процесс орын алады. Бұл ретте металдың төзімділігі сәл әлсірейді, ал пластикалық қасиеттері керісінше артады;
- $T_p^n \dots T_p^k$ температураларының аралығында қызу әлдеқайда жоғары. Бастапқы қайта кристалдану процесі жүреді, яғни деформацияланған металда құрылысы әлдеқайда мінсіз жаңа тең осьтік түйірлер пайда болып, дами бастайды. Металдың құрамында жаңа тең осьтік түйірлер пайда болатын қайта кристалданудың бастапқы температурасы T_p^n балқыту температурасы мен $T_{пл}$ мен металдың тазалығына тәуелді және А.А.Бочвардың тәуелділігі бойынша бағаланады:

$$T_p^n \approx \alpha T_{пл}$$

мұндағы $\alpha = 0,25 \dots 0,3$ ерекше таза металдар үшін; $0,3 \dots 0,4$ — қарапайым техникалық тазалықтың металдары үшін; $0,5 \dots 0,8$ — концентрацияланған қатты ерітінділер (балқытпалар) үшін.

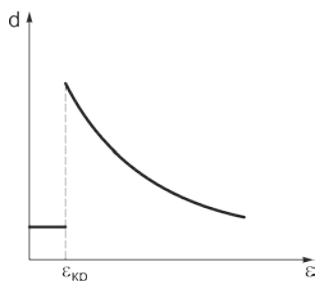
Бастапқы қайта кристалданудың аяқталу температурасы T_p^n ; микроқұрылымда соңғы деформацияланған (созылған түйірлер) жойылуына қарай анықталады.

Бастапқы қайта кристалдану орынның тығыздығын күрт төмендетеді ($с 10^{12}$ ден $10^6 \dots 10^8 \text{ см}^{-2}$) және металдың қатты осалданғанын байқатады, ол қайта кристалданудың басынан бастап аяғына дейінгі температуралар арасындағы интервал бойында жүреді;

- одан әрі қыздыру. Жинақталған қайта кристалдану процесі жүзеге асады, онда бір қайта кристалданған (тең осьтік) түйірлер көршілес тұрған қайта кристалданған түйірлердің есебінен өседі. Жинақталған қайта кристалдану түйірдің іріленуіне әкеледі және қасиеттердің сәл төмендеуіне әкелуі мүмкін.

Әлдебір температурадан бастап тым ірі түйірдің пайда болуына байланысты созылымдылық қасиеті күрт төмендейді. Мұндай күйді қатты ысу деп атайды. Бұл кемшілікті нормалы температурада қайта кристалдану мен пластикалық деформацияны қайталау арқылы түзетуге болады.

Температура одан әрі жоғарыласа бұл термоөңдеудің қайта орнына келмейтін кемшіліктің тууына себепші болады.



6.4. сурет. Қайта кристалданып қатайтқаннан (ϵ) кейін бастапқы деформация дәрежесінің (d) түйірдің өлшеміне тигізер әсерінің схемасы

Яғни түйірдің шекаралары қышқылданып, ішінара балқиды, бұл тым күйдіріп жіберу деп аталады.

Пластикалық деформация ыстық және суық түрлерге бөлінеді.

Қайта кристалдану басталатын температурадан төмен температурада жасалатын пластикалық деформация суық деп аталады.

Мұндай деформацияның болғанын микроқұрылымдағы түйірлердің созылмалылығына, жоғары төзімділігі мен қаттылығына қарап айтуға болады, одан бөлек металға механикалық сынақтар өткізгенде төмен созылғыштық қасиеті байқалады.

Қайта кристалдану температурасынан жоғары ($(0,60...0,75)T_{пл}$) температурада жасалатын пластикалық деформация ыстық деп аталады, мұнда деформациялық орнықтылықпен (нығыздалу) қатар металдың осалдануына әкелетін қайта кристалдану процесі жүреді.

Ыстық деформация жүргізілгеннен кейін металда деформацияның ізі қалмайды; түйірлері, әдетте, толығымен қалыптаспаған (тең осьтік), орташа төзімділік мен қаттылық және жоғары созылғыштық қасиет байқалады.

Суық пластикалық деформация мен қайта кристалданудан кейін температура мен қыздыру уақыты жоғарылаған сайын металдағы түйір көлемі ұлғаяды, одан бөлек ол 6.4 суретте көрсетілген деформация дәрежесіне де тәуелді болады. Қайта кристалдану деформациясының дәрежесі тым төмен болғанда қыздыру кезінде ештеңге өзгермейтіні, түйір ұсақ болып қалатыны көрінеді. Деформация дәрежесін деформацияның сыни дәрежесі деп аталатын және әдетте 3...15%-ды құрайтын шамаға дейін жоғарылатқан кезде түйірлердің өлшемі бірден үлкейеді және бастапқы түйірден бірнеше есеге үлкен болуы мүмкін. Деформация дәрежесін одан әрі жоғарылату өте ұсақ қайта кристалданған түйірлердің пайда болуына әкеледі.

ЖҰМЫСТЫ ОРЫНДАУ ТӘРТІБІ

Төмен көміртекті болаттың дайын микросылмаларының микроқұрылымын зерттеу, кескіндеу және сипаттау:

- а) жасытылған жағдайда;
- б) суық деформациядан кейін (цилиндрлік үлгіні 30...50 % жоғарыға тұндыру);
- в) деформацияланған үлгі қайта кристалданғаннан кейін.

АСПАПТАР, ЖАБДЫҚТАР МЕН МАТЕРИАЛДАР

Жұмысты орындау үшін жасытылған жағдайдағы, суық деформациядан кейінгі (цилиндрлік үлгіні 30...50 % жоғарыға тұндыру) және деформацияланған үлгі қайта кристалданғаннан кейінгі төмен көміртекті болаттың дайын микросылмалары қажет.

ЖҰМЫСТЫҢ НӘТИЖЕЛЕРІН РӘСІМДЕУ

1. Жұмыстың мақсатын анықтау.
2. Пластикалық деформация процесінің теориялық негіздерін қысқаша сипаттау.
3. Металл үлгілерінің микро құрылымын бастапқы жағдайда (деформацияланбаған), суық пластикалық деформацияның түрлі дәрежесінен кейін, сондай-ақ деформация және түрлі температурада қыздырғаннан кейін кескіндеу.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Серпімді деформация дегеніміз не?
2. Пластикалық деформация деп нені атайды?
3. Тойтару деп нені атайды?
4. Қайта кристалдану процесінің мәні неде?
5. Қайта кристалданудың түрлерін атаңыз.
6. Қайта кристалдану температурасы қалай анықталады?
7. Суық пластикалық деформацияның ыстықтан айырмашылығы неде?

БІРӨСТІК СОЗУ АРҚЫЛЫ СЫНАҚТАН ӨТКІЗУ АРҚЫЛЫ ТӨЗІМДІЛІК ПЕН ИІЛГІШТІКТІҢ НЕГІЗГІ СИПАТТАМАЛАРЫН АНЫҚТАУ

Жұмыстың мақсаты — төзімділік пен иілгіштік сипаттамаларын анықтау әдістемесін меңгеру.

ЖАЛПЫ ҰҒЫМДАР

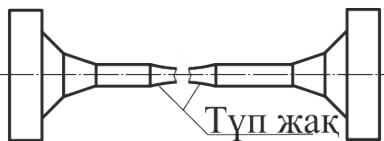
Материалдары созу арқылы статикалық сынақтан өткізу метариалдардың төзімділік шегі, ағу шегі, серпінділік шегі, пропорциялылық шегі, ағудың шартты шегі секілді негізгі механикалық сипаттамаларын анықтауға, сондай-ақ үлгінің салыстырмалы созылуы мен салыстырмалы тарылуын анықтап, металдардың иілгіштігіне баға беруге мүмкіндік береді.

Созу арқылы сынақтан өткізуді арнайы пішіні бар үлгілерге жүргізеді (7.1, 7.2 сурет). Ол үшін сынақ машиналары (әмбебап немесе үзуші) пайдаланылады.

Сынақ машинасының жұмыс істеу қағидалары. 9 үлгіні (7.3 сурет) 8 және 10 қармаулармен қысу керек. 10 қармаудың төменгі жағы 13 бұрандамен байланысқан, ол 12 сомынға бұралған. Сомын бұралған кезде бұранда ізі бойынша төменге түседі және үлгінің астыңғы бөлігінен тартады. Осылайша, үлгіге күш түсіріледі, оның шамасы тепе-теңдік күйден 1 жүктің ауытқу шамасына байланысты.

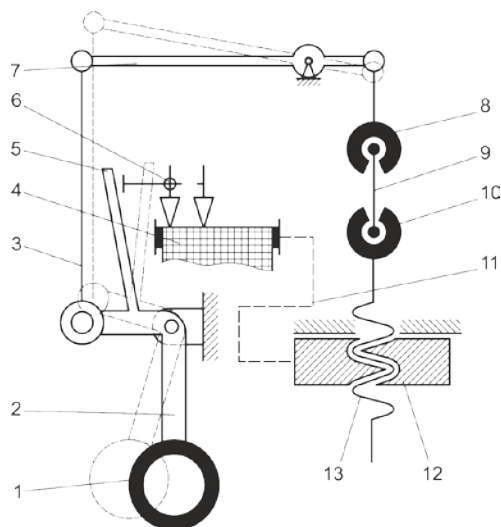


7.1 сурет. Үзілуге дейін созу арқылы сынақтан өткізуге арналған үлгі



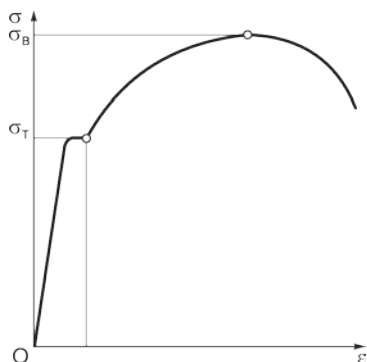
7.2 сурет. Созу арқылы сынақтан өткізуде үзілген үлгі

Жүк сол жаққа қарай неғұрлым көп ауытқыса, соғұрлым көп күш түсіріледі. Жүк 2 Г-текес иінтірекпен байланысқан, ол 3 тартылыстың көмегімен 7 иінағаштың сол жақ бұрышымен байланысқан. Иінағаштың қысқа бұрышы жоғарғы 8 қармаудың көмегімен үлгімен байланысқан және үлгі төменге түскен кезде, иінағаш тірек өсіне қарай бұрылады да тартылыстың күшімен жүкті итереді. Г-текес иінтірек 5 иінтірекпен жабдықталған, ол 4 координаталық қағазға жүктелу қисығын салатын 6 өздігінен жазатын құралдың қаламұшын қозғайды. Қаламұш жүктің ауытқу шамасына пропорционалды түрде, осыған сәйкес үлгідегі жүктеме шамасына жылжиды. Қағаз сомыннан 11 кинематикалық байланыс арқылы қозғалады (12 сомын тегершік және білік жүйесінің көмегімен қағаз орналасқан білікшемен байланысқан). Осылайша қағаз үлгінің абсолюттік ұзаруына пропорционалды түрде жылжиды. Үлгінің астыңғы жағының қозғалуы (созылуы) мен қағаздың қозғалу шамасының арасындағы қатынас жүзден бірге тең, яғни үлгінің бір миллиметрге созылуы қағаздың жүз миллиметрге жылжуына сәйкес келеді.



7.3. сурет. ИМ-4Р үзуші сынақ машинасының кинематикалық схемасы:

1 — жүк; 2 — Г- текес иінтірек; 3 — тартылыс; 4 — координаталық қағаз; 5 — иінтірек; 6 — өздігінен жазатын құралдың қаламұшы; 7 — иінағаш; 8, 10 — қармаулар; 9 — үлгі; 11 — кинематикалық байланыс; 12 — сомын; 13 — бұранда



7.4. сурет. Созылу диаграммасы:
 ε — салыстырмалы деформация; σ — қысым; σ_B — төзімділік шегі; σ_T — ағу шегі

Осылайша, өздігінен жазатын құралдың координаталық қағазында 7.4 суретте көрсетілген созылудың диаграммасы салынады.

Созылу диаграммасының көмегімен төзімділік пен иілгіштіктің түрлі сипаттамалары есептеледі (графоаналитикалық әдіс).

ЖҰМЫСТЫ ОРЫНДАУ ТӘРТІБІ

Төменкөміртекті болаттан жасалған үлгіні үзуші сынақ машинасында диаграммасын сыза отырып созу арқылы сынақтан өткізу, созушы күш (P) — үлгінің абсолютті ұзаруы (Δl)

7.1 кесте. Созу арқылы сынақтан өткізуде механикалық қасиеттерді есептеуге арналған мәліметтер

Нұсқа	P_T, H	P_B, H	$l_0, \text{мм}$	$l_k, \text{мм}$	$d_0, \text{мм}$	$d_k, \text{мм}$
1	5000	6500	30	36,4	6	3,80
2	5500	7150	30	36,3	6	3,82
3	6000	7800	30	36,2	6	3,84
4	6500	8450	30	36,1	6	3,86
5	7000	9100	30	36,0	6	3,88
6	7500	9750	30	35,9	6	3,90
7	8000	10400	30	35,8	6	3,92

7.1. кестенің соңы

Нұсқа	P_T, H	P_B, H	$l_0, \text{мм}$	$l_K, \text{мм}$	$d_0, \text{мм}$	$d_K, \text{мм}$
8	8 500	11 050	30	35,7	6	3,94
9	9 000	1 170	30	35,6	6	3,96
10	9 500	12 350	30	35,5	6	3,98
11	10 000	13 000	30	35,4	6	4,00
12	10 500	13 650	30	35,3	6	4,02
13	11 000	14 300	30	35,2	6	4,04
14	11500	14 950	30	35,1	6	4,06
15	12 000	15 600	30	35,0	6	4,08
16	12 500	16 250	30	34,9	6	4,10
17	13 000	16 900	30	34,8	6	4,12
18	13 500	17 550	30	34,7	6	4,14
19	14 000	18 200	30	34,6	6	4,16
20	14 500	18 850	30	34,5	6	4,18
21	15 000	19 500	30	34,4	6	4,20
22	15 500	20 150	30	34,3	6	4,22
23	16 000	20 800	30	34,2	6	4,24
24	16 500	21 450	30	34,1	6	4,26
25	17 000	22 100	30	34,0	6	4,28
26	17 500	22 750	30	33,9	6	4,30
27	18 000	23 400	30	33,8	6	4,32
28	18 500	24 050	30	33,7	6	4,34
29	19 000	24 700	30	33,6	6	4,36
30	19 500	25 350	30	33,5	6	4,38
31	20 000	26 000	30	33,4	6	4,40
32	20 500	26 650	30	33,3	6	4,42
33	21 000	27 300	30	33,2	6	4,44
34	21500	27 950	30	33,1	6	4,46
35	22 000	28 600	30	33,0	6	4,48

2. Тапсырманың бір нұсқасы бойынша (7.1 сурет) сынақ нәтижелерінің 7.2 кестесін құру қажет.

7.2 кесте. Созу арқылы сынақтан өткізу нәтижелері

Нұсқа	P_T, H	P_B, H	$l_0, \text{мм}$	$l_k, \text{мм}$	$d_0, \text{мм}$	$d_k, \text{мм}$
-------	-----------------	-----------------	------------------	------------------	------------------	------------------

Е с к е р т у. l_0 және l_k — үлгінің сынаққа дейінгі және одан кейінгі жұмыс (есептелетін) бөлігінің ұзындығы; d_0 — үлгінің сынаққа дейінгі жұмыс бөлігінің диаметрі; d^* — Үзілуден кейінгі үлгінің «мойнындағы» жұмыс бөлігінің диаметрі

3. Үлгінің үзілуге дейінгі көлденең тілігінің аумағын $F_0 = \pi d_0^2/4$, мм² және төзімділік мен иілгіштіктің келесі сипаттамалары есептеу:

Төзімділік шегі (уақытша кедергі), Н/мм², — үлгінің шыдайтын ең жоғарғы қысымына сәйкес келетін шартты кернеу:

$$\sigma_B = \frac{P_B}{F_0}$$

ағу шегі (физикалық), Н/мм², — үлгіні деформациялауды қысымды арттырмай жүргізгендегі «ағу алаңының» ең төменгі қысымына сәйкес келетін шартты кернеу:

$$\sigma_T = \frac{P_T}{F_0}$$

Созу арқылы статикалық сынақтан өткізген кезде металдың иілгіштігіне баға беруге болады. Бұзылу орнында үлгінің көлденең тілігінің тарылуына әкелетін үлгінің бұзылуға дейінгі пластикалық деформациясы металл иілгіштігінің сыртқы белгісі болып табылады. Аталмыш «мойын» қалыптасады. Нәзік үлгіде мойын қалыптаспай бұзылады.

Иілгіштіктің сипаттамалары:

салыстырмалы ұзару, %, — үзілгеннен кейінгі үлгінің ұзарған ұзындығының бастапқы есептік ұзындыққа деген қатынасы:

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \cdot 100$$

Созып сынақтан өткізген кезде l_k -ні үлгі бұзылғаннан кейін есептелетін аймақтың ұзындығын штангенциркульдің көмегімен тікелей өлшеу арқылы анықтауға болады (7.2 суретті қараңыз). Ол үшін үлгінің екі бөлігін өз арасында байланыстырып l_k -ні өлшейді;

Салыстырмалы тарылу, %, — үлгінің көлденең тілігінің барынша кішіреюінің (үзілген жердегі) көлденең тіліктің бастапқы аумағына деген қатынасы:

$$\Psi = \frac{F_0 - F_k}{F_0} 100 = \frac{d_0^2 - d_k^2}{d_0^2} 100,$$

мұндағы F_k — үзілгеннен кейінгі үлгінің көлденең тілігінің аумағы.

АСПАПТАР, ЖАБДЫҚТАР МЕН МАТЕРИАЛДАР

Жұмысты орындау үшін:

- үзуші сынақ машинасы;
- созу арқылы сынақтан өткізуге арналған үлгілер қажет.

ЖҰМЫСТЫ ОРЫНДАУ ТӘРТІБІ

1. Үзуші машинада үлгіні үзу арқылы сынақтан өткізу керек.
2. Үлгінің төзімділік шегін, ағу шегін, салыстырмалы ұзаруы мен салыстырмалы тарылуын есептеу керек.

ЖҰМЫСТЫҢ НӘТИЖЕЛЕРІН РӘСІМДЕУ

1. Жұмыстың мақсатын айқындау.
2. Зертханалық жұмыстарға арналған дәптерге сынақтан өткізілетін үлгілерді салу. Үлгілердің материалдарын жазу.
3. Жүктелу диаграммасының схемасын салу.
4. 7.2 кестесін толтыру.
5. σ_B ; σ_T ; δ ; ψ есептеу.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Созу арқылы сынақтан өткізу кезінде үлгінің қысымы қалай есептеледі?
2. Созу арқылы сынақтан өткізу кезінде қысымның есептелген мәндері қалай аталады?
3. Созу арқылы сынақтан өткізуде материалдардың қандай сипаттамаларын анықтауға болады?
4. Салыстырмалы ұзаруы мен салыстырмалы тарылу қалай есептеледі?

БОЛАТТАРДЫҢ МИКРОҚҰРЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ

Жұмыстың мақсаты — көміртекті болаттардың микроқұрылымын зерттеу және микроқұрылым бойынша болаттың маркасын анықтау.

ЖАЛПЫ ҰҒЫМДАР

Теміркөміртекті қорытпалар — болат және шойын қазіргі машина жасау саласында үлкен маңызға ие — олар механизмдердің басым бөлігін өндіруде қолданылатын негізгі материал болып табылады.

Fe — Fe_3C күйінің диаграммасы кинетикалық тұрғыдан цементиттің қалыптасуы ықтимал жағдайда пайда болады. Бұл жүйеде болат пен ак шойын кристалданады.

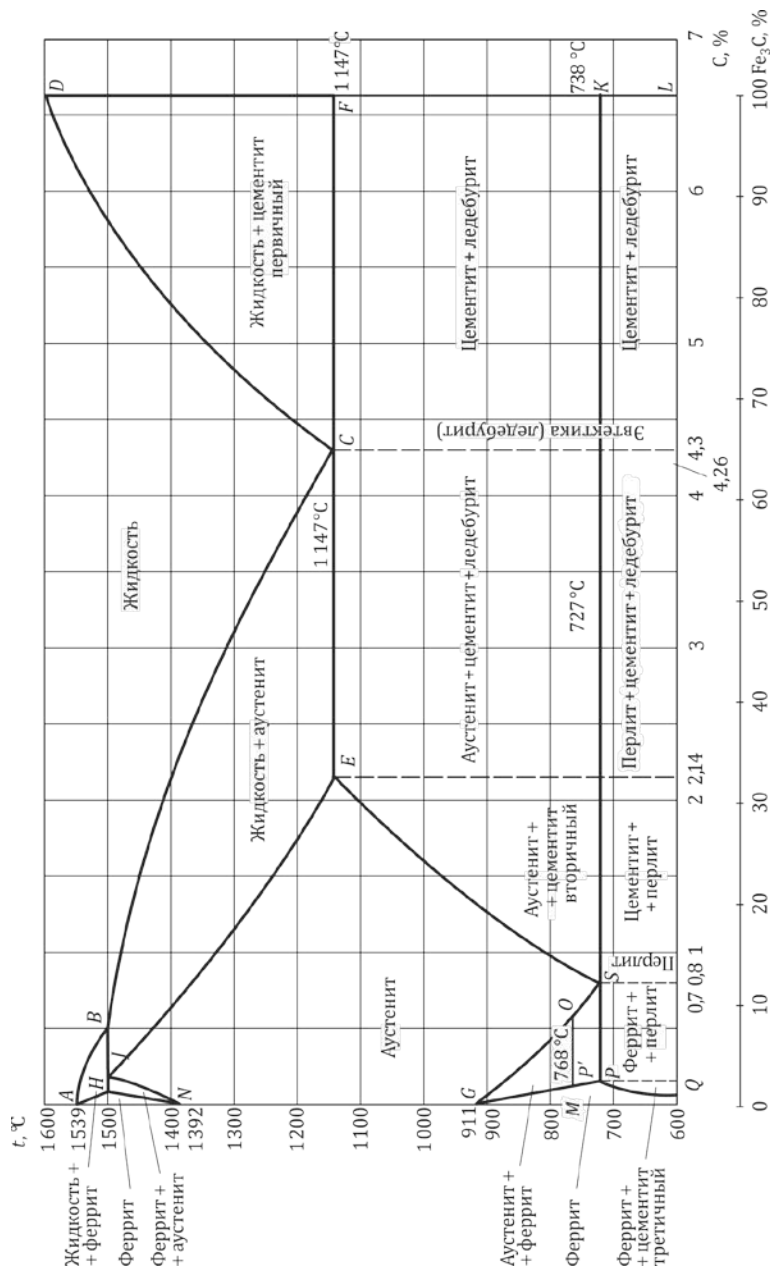
Жасытылған көміртекті болаттың микроқұрылымы. Темірде екі — α және γ модификациясы болғандықтан, ол полиморфты элемент болып табылады. 911°C -қа дейінгі және 1392 -ден 1539°C -қа дейінгі температурада α -Fe модификациясы жүреді, оның көлемдік центрленген текше торы болады (АОК тор).

911 -тан 1392°C -қа дейінгі температура аралығында γ -Fe модификациясы жүреді, оның қыры центрленген текше торы болады (ҚОК тор).

Темір-көміртек жүйесіндегі фазалар: сұйық қорытпа, қатты ерітінділер (феррит және аустенит), сондай-ақ цементит пен графит қосылыстары.

Темір-көміртек жүйесінің жағдайы диаграммасында (8.1 сурет) болат E нүктесінен сол жаққа қарай орналасқан ($2,14\% \text{ C}$).

Феррит — бұл көміртекті көлемдік центрленген текше торы бар α -Fe-ге қосудан туған қатты ерітінді. Көміртектің α -Fe-де шекті еруі $0,02\% \text{ C}$ -ты құрайды (P нүктесі).



8.1. Темір - көміртес жүйесінің жағдайы диаграммасы

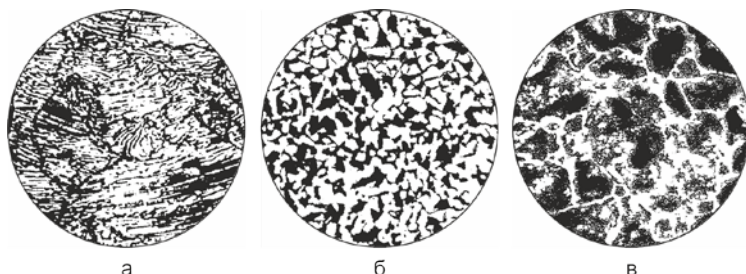
Цементит — бұл ромб торы бар Fe_3C темірдің карбиді. Ол 6,67%С-ды құрайды.

GSE сызығынан жоғары температурада тұрақты фаза аустенит болып табылады — көміртекті қыры центрленген текше торы бар $\gamma\text{-Fe}$ -ге қосудан туған катты ерітінді. Көміртектің $\gamma\text{-Fe}$ -де шекті еруі 2,14 % С-ты құрайды (Е нүктесі).

Р нүктесінен оңға қарай болаттың барлық түрін 727°С-тан төмен температураға дейін сәл суытқанда S нүктесінің (0,8%С) құрамы аустениттің феррит пен цементит қоспасына эвтектоидты ыдырауы пайда болады. Юаюу суытылған болаттың микроқұрылымы аустенит өткерген өзгерістердің нәтижесінде қалыптасады. Құрамы 0,02%С- дан төмен (Р нүктесі) қорытпаларды техникалық темір деп атайды. Көміртекті болаттар құрамы мен микроқұрылымы бойынша эвтектоидқа дейінгі (0,02...0,8%С), эвтектоидты (0,8% С) және эвтектоидтан кейінгі (0,8...2,14%С) деп бөлінеді (8.1 кесте).

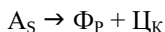
Болаттар мен шойындағы құрылымдық бөлшектердің					
Құрылымдық бөлшектер	Феррит	Аустенит	Цементит	Перлит	Ледебурит
HB, МПа	800	2 000	8 000	1600...2000	5 500

Эвтектоидты болат. Темір-көміртек жүйесінің жағдайы диаграмма-сын пайдалана отырып эвтектоидты болаттың қалыптасуын қарайық (8.1 суретті қараңыз).



8.2 сурет. Суытып қатайтудан кейін көміртекті болаттардың микро-құрылымы мен микроқұрылымдарының эскиздері:
а — эвтектоидты болат; *б* — эвтектоидқа дейінгі болат; *в* — эвтектоидтан кейінгі болат

727°C-тан жоғары температурада эвтектоидты болат аустенит түйірлерінен құралады. *PSK* сызығына сәйкес келетін температурада реакция бойынша эвтектоидты өзгеріс пайда болады.



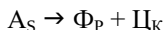
Осының нәтижесінде 0,02%С феррит және цементит (6,67%С) қоспасынан тұратын эвтектоид пайда болады. Эвтектоидты өзгеру тұрақты температура мен фазалар құрамында жүреді. Күйдіріп өңдеуден кейін шлифтің беті седеп реңк тартатындықтан эвтектоидты перлит деп атайды.

Перлиттің құрылымы иілгіш келеді: ферриттің пластиналары әлдеқайда кең, цементитте әлдеқайда тар. Аустениттің толығымен ыдырауы аяқталғанда эвтектоидты болатты түрлі бағыттағы перлитті колониялар пайда болады (8.2,а сурет).

Эвтектоидқа дейінгі болаттар. Бұл болаттар кристалдану аяқталған соң тіпті *GS* сызығына сәйкес келетін температураға дейінгі өзгеріске шыдамайтын аустениттен тұрады.

Эвтектоидқа дейінгі болаттарды суыту кезінде *GS* сызығынан төменде полиморфты өзгеріс пайда болады: $A \rightarrow \Phi$. Бұл өзгерістің мәні кристалдық тор типінің өзгеруінде: A (ГЦК) $\rightarrow \Phi$ (ОЦК).

727°C температурасында эвтектоидты өзгеріс жүреді:



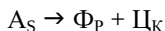
Осылайша, бөлме температурасында эвтектоидқа дейінгі болаттың құрылымы екі құрылымдық бөлшектен тұрады — феррит және перлит (8.2, б сурет). Эвтектоидқа дейінгі болатта көміртек неғұрлым көп болған сайын, оның құрылымында феррит соғұрлым аз болады.

P нүктесінде ферриттің үлесі — 100% және *S* нүктесінде — 0%. Феррит аустенитті түйірлердің шекараларында да, олардың ішінде де тең өстік немесе шеттері майысқан сәл созылыққы кристалдар түрінде пайда болады. 1...5%-дық HNO_3 ерітіндісімен күйдіріп өңдегеннен кейін феррит ақшыл, ал перлит күңгірт болады.

Эвтектоидтан кейінгі болаттар. Эвтектоидтан кейінгі болатты баяу суытқан кезде *ES* сызығынан төмен аустенитті аймақтан аустениттен жіңішке төр түрінде аустенит түйіршіктерінің шеттерінен екінші реттік цементит бөлінеді:



Аустенитті суытқанда (727°C-тан төмен температурада) перлиттің пайда болуымен аустениттің эвтектоидты ыдырауы орын алады:



Нәтижесінде бөлме температурасында эвтектоидтан кейінгі болаттың құрылымында екі құрылымдық бөлшек пайда болады: екінші реттік цементит (ақшыл тор) және перлит (күңгірт аймақтар) (8.2, в сурет). Эвтектоидтан кейінгі болаттың құрамында көміртек неғұрлым көп болған сайын онда екінші реттік цементит те соғұрлым көп болады. Эвтектоидтан кейінгі болаттағы екінші реттік цементиттің салыстырмалы үлесі тар шекте өзгеруі мүмкін — 0 -ден 20%-ға дейін.

Перлит эвтектоидқа дейінгі болаттарда да, эвтектоидтан кейінгі болаттарда да болғандықтан, микроталдау кезінде артық бөліністер бойынша ғана бір болатты екіншісінен айыруға болады: егер құрамында феррит болса, онда ол эвтектоидқа дейінгі, ал егер екінші реттік цементит болса онда ол болат эвтектоидтан кейінгі деген сөз.

Жасытылған болаттарда көміртектің құрамын металлграфикалық анықтау.

Егер көміртекті болат жақсылап жасытылса, яғни теңгерілген күйге келтірілсе, онда микроқұрылымдық талдау арқылы оның құрамындағы көміртекті анықтауға болады.

Эвтектоидқа дейінгі болаттарда көміртек феррит пен перлиттің арасында бөлінеді. Ферритте көміртек пайызының жүзден бір бөлігі орналасады, оны есепке алмай эвтектоидқа дейінгі болаттарда көміртектің барлығы-дерлік перлитте орналасқан деп есептеуге болады. Перлитте 0,8 % C болады. Эвтектоидқа дейінгі болатта қорытпаның бір бөлігі ғана перлитке беріледі және көміртек құрамы (салмағы бойынша процентпен) перлит алып жатқан шлиф аумағына пропорционалды болып келеді. Бұл пропорция феррит пен перлит тығыздықтарының шамамен алғандағы тепе-теңдігінен келіп шығады; олай болмаған жағдайда микроқұрылым бойынша тек аумақтық ара қатынас туралы ғана айтуға болады.

Эвтектоидқа дейінгі болаттарда көміртектің құрамын мына формула бойынша анықтайды:

$$X_C = 0,8F/100$$

мұндағы F — перлит алып жатқан шлифтің көлемі, % (сырттай бағаланады).

Мұндай әдіс жақсы нәтиже береді. Егер перлит алып жатқан көлемді бағалауда абсолютті қателік 10%-ды құраса, көміртек құрамын анықтауда абсолютті қателік бар болғаны 0,08%-ды құрайды.

Көміртекті болаттардың стандартты маркалары. Белгіленуі бойынша болаттар конструкциялық (көміртек құрамы 0,7 %-дан кем емес) және аспаптық (көміртек құрамы 0,7 %-дан жоғары) деп бөлінеді.

8.2 кесте. Сапасы қарапайым көміртекті конструкциялық болаттардың маркасы (МемСТ 380-2005)

Маркасы	Ст0	Ст1	Ст2	Ст3	Ст4	Ст5	Ст6
С, %	0,23	0,06...0,12	0,09...0,15	0,14...0,22	0,18...0,27	0,28...0,37	0,38...0,49

8.3 кесте. Аспаптық көміртекті болаттардың маркалары (МемСТ 1435—99)

Маркасы	У7	У8	У9	У10	У11	У12	У13
С, %	0,66...0,73	0,75...0,84	0,85...0,94	0,95...1,04	1,05...1,14	1,15...1,24	1,25...1,35

Көміртекті конструкциялық болаттар екі топқа бөлінеді: сапасы қарапайым және сапалы.

Сапасы қарапайым болаттар (МемСТ 380—2005) (8.2 кесте) белгіленуі мен кепілдендірілген қасиеттеріне байланысты үш топта жеткізіледі: А, Б, В.

Олар «Бт» әріптерінің және марканың нөмірін көрсететін санның (0-ден 6-ға дейін) тіркесімен маркаланады. Б және В тобының болаттары маркасының алдында Б немесе В әріптері болады, бұл олардың осы топтарға жататынын білдіреді. А тобы марканың атауында белгіленбейді.

Қышқылдану дәрежесін марканың соңына кп – қайнайтын болаттар үшін, пс – жартылай жайлы және сп – жайлы болаттар үшін екенін көрсетеді. Түрлі маркаларда марганецтің концентрациясы 0,25-тен 0,8%-ға дейін құрайды. Маркадағы Г әріпі құрамында марганецтің үлесі көп екенін білдіреді (0,8...1,1%). Мысалға, БтЗГпс. Бт1 маркасынан Ст6 маркасына ауысуда уақытша қарсылық 300- ден 600 МПа-ға дейін артады, ал иілгіштік төмендейді. Осы топтың болаттары түрлі деформацияланған жартылай фабрикаттарды: жабындар, металл шыбықтар, құбырлар өндіруде кеңінен пайдаланылады.

Сапалы болаттар (МемСТ 1050—88) екі санмен маркаланады, олар пайыздың жүкден бір бөлігіндегі көміртектің орташа құрамын білдіреді: 08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 58, 60. Бұл болаттардағы марганецтің концентрациясы 0,35...0,8%-ды құрайды, ал кремнийдің концентрациясы 0,3 %-дан төмен. Сапалы болаттардың механикалық қасиеттері сапасы қарапайым болаттармен салыстырғанда жоғары, сондықтан оларды әлдеқайда маңызды заттарға пайдаланады: 08 — 25 маркаларының болаттары дәнекерлеу құрастырылымдарына, ал 30 — 45 маркаларының болаттары машина бөлшектерін жасауға қолданылады.

Аспаптың сапалы көміртекті болаттар (МемСТ 1435—99) У әріпімен және пайыздың оннан бір бөлігіндегі көміртектің құрамын білдіретін санмен маркаланады (8.3 кесте). Егер марканың соңында А әріпі болса, болат жоғары сапалыға жатады, яғни құрамында күкірт пен фосфор аз деген сөз.

Қоспалар концентрациясы: $Mn < 0,3\%$, $Si < 0,3\%$, $S < 0,028\%$, $P < 0,03\%$. Көміртекті болаттардың қаттылығы жоғары және тозуға төзімді, сондықтан оларды соққылау-штамптау (У7—У9) және кесуші (У 10, У11) құралдар жасауға пайдаланады. Қарастырылған болаттардың барлығының құрылымы жасатылған күйде көміртек концентрациясымен анықталады және осыған сәйкес темір-көміртек диаграммасы бойынша талдануы мүмкін.

Қышқылсыздану — сұйық металдан оттекті алу процесі. Тыныш болаттарды марганец, кремний және алюминиймен, ал қайнайтын болатты тек қана марганецпен қышқылсыздандырады. Жартылай тыныш болаттар

қышқылсыздану дәрежесі бойынша тыныш және қайнайтын болаттар арасында аралық орынды иеленеді.

АСПАПТАР, ЖАБДЫҚТАР МЕН МАТЕРИАЛДАР

Жұмысты орындау үшін:

- металлографикалық микроскоп;
- көміртекті болаттардың дайын микросылмалары (эвтектоидты, эвте-ктоидқа дейінгі, эвтектоидтан кейінгі);
- Көміртекті болат микроқұрылымының суреті.

ЖҰМЫСТЫ ОРЫНДАУ ТӘРТІБІ

1. Фазалары мен құрылымын белгілеп темір-көміртек жүйесі жағдайының диаграммасын сызу.

2. Оптикалық микроскоптың көмегімен 250-500 есеге үлкейтіп көміртекті болаттар мен шойынның дайын шлифтерінің жинағын қарап шығу.

3. Перлиттің құрылымын анықтау үшін эвтектоидты болат шлифін 500 еседен кем емес үлкейтіп қарау.

4. Микроқұрылымдар атласын пайдалана отырып 8.4 кестені толтырып, зерттелген болат микроқұрылымдарын схемалық кесіндеу.

5. Болаттың микроқұрылымы бойынша көміртектің құрамы мен қорытпаның маркасын анықтау.

8.4 кесте. Көміртекті болаттардың микроқұрылымы

Қорытпаның атауы	Құрылымдық бөшектері	Микроқұрылым (кескіндеме)	Перлиталып жатқан аумақ	Көміртектің шамаланған құрамы	Маркасы	Шамамен тағайындалуы
Техникалық темір						
Төменкөміртекті эвтектоидқа дейінгі болат						
Орташа көміртекті эвтектоидқа дейінгі болат						

8.4. кестенің соңы

Қорытпаның атауы	Құрылымдық бөшектері	Микроқұрылым (кескіндеме)	Перлиталып жатқан аумақ	Көміртектің шамаланған құрамы	Маркасы	Шамамен тағайындалуы
Жоғары көміртекті эвтектоидқа дейінгі болат						
Эвтектоидты болат (қатпарлы перлит)						
Эвтектоидты болат (түйірлі перлит)						
Эвтектоидты болат (кейінгі перлит)						

ЖҰМЫСТЫҢ НӘТИЖЕЛЕРІН РӘСІМДЕУ

1. Жұмыстың мақсатын айқындау.
2. $\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$ диаграммасын, темір-көміртек жүйесіндегі компоненттер мен фазаларды сызу. Темір-көміртек диаграммасы бойынша өзіне тән нүктелер мен өзгеру сызықтарын диаграммада көрсету керек. Микроқұрылым бойынша болаттар мен шойындардың классификациясын келтіру.
3. 8.4 кестені толтыру қажет.
4. Жұмыс бойынша қорытынды шығару.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Қандай қорытпалар болатқа жатады?
2. Көміртекті болаттар қалай классификацияланады?
3. Көміртектің $\alpha\text{-Fe}$ және $\gamma\text{-Fe}$ -дегі шекті еруі қандай?
4. Аустенитті 727°C -тан төмен температурада суытқанда болатта қандай процесс жүреді?

5. Перлит, феррит, аустенит, цементит деген не?
6. Эвтектоидты болаттың құрамында қанша көміртек бар?
7. Эвтектоидқа дейінгі болат бөлме температурасында қандай құрылымдық бөлшектер болады?
8. Эвтектоидтан кейінгі болаттың қандай құрылымдық бөлшектері бар?
9. Эвтектоидқа дейінгі болатты эвтектоидтан кейінгі болаттан микроқұрылымы бойынша қалай айыруға болады?
10. Жасытылған көміртекті болаттаға көміртек құрамын қандай формула бойынша анықтайды?
11. Түрлі құрамдағы эвтектоидқа дейінгі болаттарда ферриттің саны қандай шектерде өзгеруі мүмкін?
12. Көміртекті болаттар қалай маркаланады?

ШОЙЫННЫҢ МИКРОҚҰРЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ

Жұмыстың мақсаты — металлграфиялық микроскоптың көмегімен шойындардың микроқұрылымын зерттеу.

ЖАЛПЫ ҰҒЫМДАР

Шойындардың түрлері. Шойын деп 2,14% С-дан жоғары құрайтын теміркөміртеті қорытпаларды айтады. Жоғары құю қасиеттері, жеткілікті деңгейдегі төзімділік, тозуға төзімді, сондай-ақ салыстырмалы түрде арзан болғанының арқасында шойын машина жасау саласында кеңінен қолданылады. Оларды көлемдік өлшемдері мен бөлшектердің салмағына қатаң талап қойылмаса күрделі пішіндегі сапалы құймаларды жасауға қолданады.

Көміртектің пішініне байланысты қорытпалар ақ, сұр, төзімділігі жоғары және таптауға көнгіш шойындар деп бөлінеді.

Ақ шойындар. Темір-көміртек жүйесі жағдайының диаграммасында (8.1 суретті қараңыз) ақ шойындар Е нүктесінің (2,14%С) оң жағын а қарай орналасқан. Оларда болатпен салыстырғанда ледебурит деп аталатын аустенит-цементит эвтетикасы кристалданады. Құрамында құрылымдық-еркін көміртек - графит бар сұр шойындарға қарағанда, ақ шойындарда темірге негізделген қатты ерітіндіге енбеген көміртек темірмен карбид Fe_3C (цементит) құрайды. Осындай фазалық құрамы бар шойындардың сынығы ақшыл болады, сондықтан оларды ақ шойын деп атайды. Химиялық құрамы мен құрылымы бойынша ақ шойындар эвтетикалық (4,3%С), эвтетикаға дейінгі (4,3%С-дан төмен) және эвтетикадан кейінгі (4,3%С-тан астам) деп бөлінеді.

Эвтетикалық ақ шойындар. Эвтетикалық ақ шойын 1147°C эвтетикалық температурада кристалданады және бір мезетте реакциялар бойынша екі фазаларға бөлінеді (аустенит пен цементит).

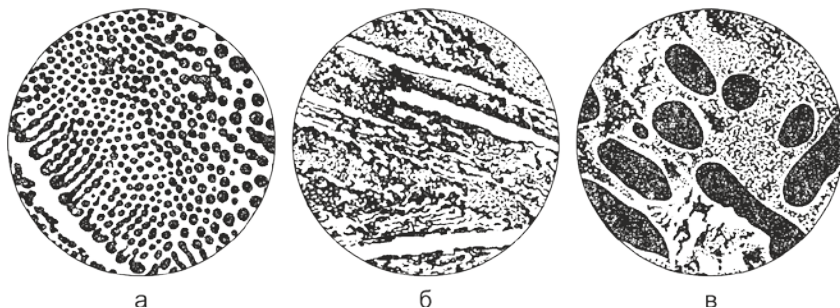


Осы фазалардан пайда болатын қоспа (эвтектика) ледебурит деп аталады.

Ледебуриттің құрылымы әдетте қаныққан эвтектикалық колониялардан құралады (9.1, *а* сурет). Ледебуриттегі әр эвтектикалық колония — цементит пен аустениттің екі бұталанған кристалдарының екіфазалық өскіні. Әр эвтектикалық колония бір орталықтан өседі.

727°C температураға жеткен кезде эвтектикалық шойындағы аустенит нүктесіндегі құрамға ие болады. (8.1 суретті қараңыз). Бұл температурадан төменде суыған кезде перлит деп аталатын феррит пен цементит қоспасы пайда болып аустениттің эвтектоидты ыдырауы жүреді. Енді ледебурит аустенит пен цементиттен емес, эвтектикалық аустенит орнында қалыптасқан перлиттен және қандай да бір зақымдауға төзбейтін цементиттен тұрады. Эвтектикалық кристалданудың соңына қарай аустенит пен цементиттен құралған ледебуритті шартты түрде Л(А+Ц) деп белгілеуге болады. Эвтектоидты (перлиттік) өзгеруден кейінгі ледебуритті өзгерген деп атайды. Ол перлиттен және эвтектикалық цементиттен тұрады, ал перлиттің өзі феррит пен эвтектоидты цементтен құралған. Өзгерген ледебурит $L_{пр}(П + Ц)$ деп белгіленеді.

Металлграфиялық талдау кезінде тек өзгерген ледебурит ғана зерттеледі.



9.1. сурет. Ақ шойынның микроқұрылымы:

а — өзгерген ледебурит (эвтектикалық шойын); *б* — өзгерген ледебурит пен цементит (эвтектикалық шойынға дейін); *в* — өзгерген ледебурит, цементит және перлит (эвтектикалық шойыннан кейін).

Перлиттің екі фазалық құрылымы өзгерген ледебуриттің колонияларында орташа үлкейтуде анықталмайды және өзгерген ледебуриттегі күңгірт қоспалар бір фазаға жататын сияқты көрінеді, алайда шындығында олар феррит мен цементиттің эвтектоидты қоспасы болып табылады: $P(\Phi + \Psi)$.

Эвтектикадан кейінгі ақ шойындар. Эвтектикадан кейінгі ақ шойындардың құрылымдық қалыптасуы мынамен ғана ерекшеленеді, ледебуриттің эвтектикалық кристалдануынан бұрын CD сызығынан төмен температурада (8.1 суретке қараңыз) бірінші реттік цементиттің кристалдануы жүреді. Бірінші реттік цементит пластина пішінінде кристалданады (9.1, б сурет).

Ледебуриттің $L(A + \Psi)$ эвтектикалық кристалдануы аяқталған соң, қатты күйінде суытқан кезде эвтектикалық ақ шойынның фазалық өзгеру процестері жүреді.

727°C -тан төмен температурада суытқан кезде перлит пайда болып эвтектикалық аустениттің эвтектоидты ыдырауы жүреді, оның екі фазалық құрылымы әдетте шифте байқалмайды.

Нәтижесінде эвтектикадан кейінгі ақ шойын екі құрылымдық бөлшектен тұрады: бірінші реттік цементиттің кристалдары Ψ мен өзгерген ледебурит $L_{\text{өз}}(\Psi + \Psi)$.

Эвтектикаға дейінгі ақ шойындар. Эвтектикаға дейінгі ақ шойындарда қорытпаның кристалдануы сұйық ерітіндіден аустениттің бөлінуінен басталады: $J \rightarrow A$.

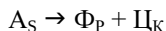
Бірінші реттік аустенит дөңгеленген бұталы дендриттер түрінде кристалданады. 9.1, в суретте үлкен күңгірт дөңгеленген учаскелер – бұл бірінші реттік аустениттің дендрит бұталарының қимасы болып табылатын дендриттік ұяшықтар.

Аустениттің бірінші реттік кристалдануынан кейін ледебуриттің эвтектикалық кристалдануы жүреді:



Эвтектикаға дейінгі шойындардағы ледебурит колонияларының құрылымы эвтектикалық шойынмен бірдей.

Екінші реттік цементит бөлініп болған соң бірінші реттік аустенит пен эвтектикадан шыққан аустениттің ішінде эвтектоидты ыдырау жүреді:



Перлитке айналған бірінші реттік аустениттің дендриттері өзінің бастапқы кескінін сақтайды.

Құрылымдық бөлшектерінің байланысына қарамастан болат та, ақ шойындар да бөлме температурасында бірде екі фазадан тұрады: феррит пен цементит. Болатта цементит те қатты күйден ауысқанда ғана пайда болады (аустениттің эвтектондты ыдырауы, сондай-ақ екінші реттік цементиттің бөлінуі).

Бөлме температурасында эвтектикаға дейінгі шойындардан үш құрылымдық бөлшек: перлит, екінші реттік цементит және өзгерген ледебуритті көруге болады.

Ақ шойындарда цементит үнемі балқытпа кристалданғанда (ледебуриттің эвтектикалық кристалдануы, сондай-ақ эвтектикадан кейінгі шойындарда бірінші реттік кристалдар түрінде) пайда болады. Болатпен салыстырғанда ақ шойынның құрамында цементит көп болғандықтан және балқытпадан пайда болған цементиттің кристалдары аустенитке қарағанда әлдеқайда жуан болғандықтан ақ шойындар өте нәзік болып келеді.

Сұр шойындар. Егер шойынның құрылымында графит болатын болса, оның сынығы сұр түсті болады және мұндай шойынды сұр шойын деп атайды.

Күйдірілмей тегістелген шлифте графит шойынның металдық негізінде орналасқан күңгірт пластинкалар түрінде табылады. Графит пластинкаларының көлемі мен пішіні сан түрлі болуы мүмкін (9.2 сурет). Шойынның механикалық қасиеттері графит бөліністерінің пішіні мен өлшеміне байланысты болады, себебі графиттің пластинкалары қысымның концентраторлары болып тіліктер сияқты әрекет етеді. Сондықтан сұр шойын иілмейді, салыстырмалы ұзару 5 нөлге тең десе болады.

Графиттену процесі қаншалықты толық өткеніне байланысты сұр шойында металдық негіздің түрлі құрылымдары анықталады. Байланысқан көміртектің мөлшері бойынша сұр шойындардың келесідей құрылымдық типтері болуы мүмкін.

Ферриттік (9.2, а сурет). Құрылымы — феррит және графит. Байланысқан көміртек мөлшері нөлге тең деуге болады ($C < 0,02\%$). Күңгірт пластинкалар – графит, ақшыл түйірлер – феррит.

Феррит-перлиттік (9.2, б сурет). Құрылымы — феррит, перлит, графит. Байланысқан көміртек мөлшері эвтектондты концентрациядан төмен ($C = 0,02...0,8\%$). Күңгірт пластинкалар – графит, негізгі алаң ферриттің ақшыл учаскелері мен қатпарлы перлиттің күңгірт учаскелерінен тұрады.

Перлиттік (9.2, в сурет). Құрылымы — перлит және графит. Байланысқан көміртек мөлшері эвтектондты концентрациямен тең ($0,8\%C$). Күңгірт пластинкалар – графит, негізгі алаң — қатпарлы перлит.



9.2. сурет. Сұр шойынның микроқұрылымы:
а — ферриттік; *б* — феррит-перлиттік; *в* — перлиттік

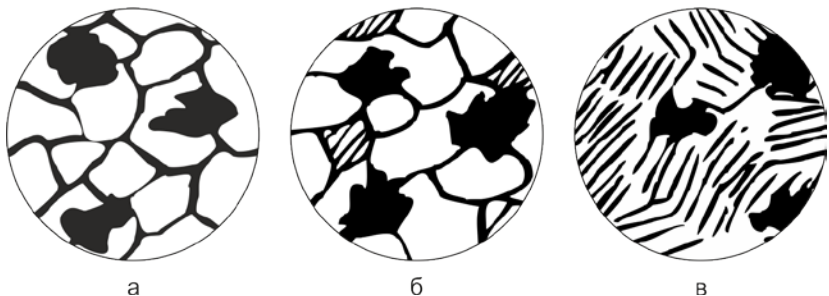
Сұр шойынды белгілеу үшін СШ (сұр шойын) әріптері мен созу кезінде уақытша кедергінің 10 есеге азайтылған мәнін көрсететін санның тіркесін қолданады, мысалға, 10, 15, 25, 35.

Төзімділігі жоғары шойындар. Құрамындағы графит шар пішінді болатын шойындарды төзімділігі жоғары шойындар деп атады. Оны сұйық шойынға енгізілетін модификацияланған магниймен алады (0,02...0,08%). Металдық негіздің микроқұрылымы бойынша төзімділігі жоғары шойындар ферриттік, феррит-перлиттік болуы мүмкін (9.3 сурет).

Шар тәріздес графит – қатпарлымен салыстырғанда әлсіздеу кернеу конденсаторы, сондықтан шар тәріздес графиті бар шойындарға жоғары төзімділік пен белгілі бір деңгейдегі иілгіштік тән болып келеді.



9.3. сурет. Төзімділігі жоғары шойынның микроқұрылымы:
а — ферриттік; *б* — феррит-перлиттік; *в* — перлиттік



9.4. сурет. Таптауға көнгіш шойынның микроқұрылымы:
 а — ферриттік; б — феррит-перлиттік; в — перлиттік

Төзімділігі жоғары шойынның маркасы ТЖШ әріптері және созу кезінде уақытша кедергінің 10 есеге азайтылған мәнін көрсететін сандармен белгіленеді. Мысалға, ТЖШ 35, ТЖШ 45, ТЖШ 60, ТЖШ 80, ТЖШ 100.

Таптауға көнгіш шойындар – бұл құрамындағы графит үлпек пішінді шойындар. Оларды эвтектикаға дейінгі ақ шойындарды біраз уақыт (70... 80 сағат) қыздырып өңдеуден алады. Өңдеу тәртібімен анықталатын металдық негіздің құрылымы бойынша таптауға көнгіш шойындар ферриттік, феррит-перлиттік, перлиттік болып келеді (9.4 сурет).

Таптауға көнгіш шойындар ТКШ әріптері және біріншісі уақытша кедергінің 10 есеге азайтылған мәнін, екіншісі 5% салыстырмалы ұзару мәнін білдіретін сандармен маркаланады. Мысалға, ТКШ 30 – 6, ТКШ 35 – 8, ТКШ 37 – 12, ТКШ 45 – 7, ТКШ 60 – 3, ТКШ 80 – 1,5.

Таптауға көнгіш шойындардан соққы мен ауыспалы қысымдарға төтеп беретін су және газ құбырының бөлшектерін, төзімділігі жоғары бөлшектерді жасайды.

АСПАПТАР, ЖАБДЫҚТАР МЕН МАТЕРИАЛДАР

Жұмысты орындау үшін:

- Металлграфикалық микроскоп;
- Шойынның дайын микросылмалары (эвтектикаға дейінгі, эвтектикалық, эвтектикадан кейінгі ақ шойындар, сұр, таптауға көнгіш, төзімділігі жоғары шойындар);
- Шойын микроқұрылымдарының суреті.

ЖҰМЫСТЫ ОРЫНДАУ ТӘРТІБІ

1. Фазалар мен құрылымдарды белгілей отырып темір-көміртек жүйесі жағдайының диаграммасын салу.

2. Оптикалық микроскоптың көмегімен 250–500 есеге үлкейтіп дайын-
дылған шойын шлифтерінің жиынтығын қарап шығу.

3. Микроқұрылымдар атласын пайдалана отырып 9.1, 9.2, 9.3 кесте-
лерді толтырып (тапсырмаға байланысты), зерттелген шойын микро-
құрылымдарын схемалық кесіндеу.

4. Негізгі теориялық ережелерді мазмұндау: Ақ шойындар мен гра-
фитті шойындардың классификациясы, құрылымы, қасиеттері, марка-
лануы, пайдаланылу саласы; графит пішіні мен металдың шойын қасиет-
теріне тигізетін әсері.

ЖҰМЫС НӘТИЖЕЛЕРІН РӘСІМДЕУ

1. Жұмыстың мақсатын айқындау.
2. 9.1, 9.2, 9.3 кестелерін толтыру.
3. Жұмыс бойынша қорытынды шығару.

9.1 кесте. Ақ шойындардың микроқұрылымы

Шойынның атауы	Микроқұрылымы	Құрылымдық бөлшектері
Эвтектикаға дейінгі ақ шойын		
Эвтектикалық ақ шойын		
Эвтектикадан кейінгі ақ шойын		

9.2 кесте. Шойындағы графиттің пішіні

Шойынның атауы	Графиттің пішіні (атауы)	Микроқұрылымы (кескіні)
Сұр шойын		
Таптауға көнгіш шойын		
Төзімділігі жоғары шойын		

9.3 кесте. Шойындардағы металдық негіз				
Шойынның атауы	Құрылымдық бөлшектер	Микроқұрылымы (кескіні)	Маркасы	Шамамен белгіленуі
Феррит негізді сұр шойын				
Феррит-перлит негізді сұр шойын				
Перлит негізді сұр шойын				
Феррит негізгі таптауға көнгіш шойын				
Феррит-перлит негізді таптауға көнгіш шойын				

Шойынның атауы	Құрылымдық бөлшектер	Микроқұрылымы (кескіні)	Маркасы	Шамамен белгіленуі
Перлит негізді таптауға көнгіш шойын				
Феррит негізді төзімділігі жоғары шойын				
Феррит-перлит негізді төзімділігі жоғары шойын				
Перлит негізді төзімділігі жоғары шойын				

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Қандай қорытпа шойын деп аталады?
2. Эвтектикадан кейінгі сұр шойын қандай фазалардан тұрады?
3. Эвтектикадан кейінгі сұр шойынды эвтектикаға дейінгі сұр шойыннан микроқұрылымы бойынша қалай ажыратуға болады?
4. Бөлме температурасында эвтектикаға дейінгі ақ шойыннан қандай құрылымдық бөлшектерді байқауға болады?
5. Сұр, таптауға көнгіш және төзімділігі жоғары шойындардың құрылымын, қасиеттерін, маркалануын және қолданылу саласын сипаттап беріңіз.
6. Эвтектикалық ақ шойынның балқу температурасы қандай?
7. Эвтектикалық температура кезінде темір көміртекті қорытпаларда қандай өзгерістер орын алады?

ЖАСЫТУ МЕН НОРМАЛАНДЫРУДЫҢ КӨМІРТЕКТІ БОЛАТ ҚҰРЫЛЫМЫНА ТИГІЗЕТІН ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Жұмыстың мақсаты — аустенитті түрлі жылдамдықпен үздіксіз суыту кезінде болатта пайда болатын өзгерулерді зерттеу; аустенитті түрлі жылдамдық пен суытудан кейін болаттың құрылымы мен қасиеттерін және суыту ортасына байланысты термиялық өңдеудің түрлерін зерттеу.

ЖАЛПЫ ҰҒЫМДАР

Көптеген термиялық өңдеу түрлері болатты аустенитті күйге дейін қыздырып, одан кейін түрлі жылдамдықта (түрлі орталарда) суыту арқылы жүзеге асырылады. Мұндай термоөңдеуден кейін болаттың құрылымы қасиеттері қол жеткізілген суытудың дәрежесімен анықталады.

Болаттың сындық нүктелері. Термиялық өңдеу үшін болатты қыздыру температурасы темір-көміртек күйі диаграммасының (10.1 сурет) болат учаскесі бойынша таңдалады.

Теміркөміртекті қорытпалардағы белгілі бір өзгерулерге сәйкес келетін температуралық нүктелер **сындық** деп аталады. Практикалық тұрғыдан ең маңызды сындық нүктелерді қарастырайық.

Сындық нүктелердің барлығы A әріпімен белгіленеді. Қыздыру мен суыту кезінде сындық нүктелердің күйі сәйкес келмейтіндіктен, қыздыру кезінде алынған нүктелер «с» индексімен, ал суытудағы нүктелер «г» индексімен белгіленеді.

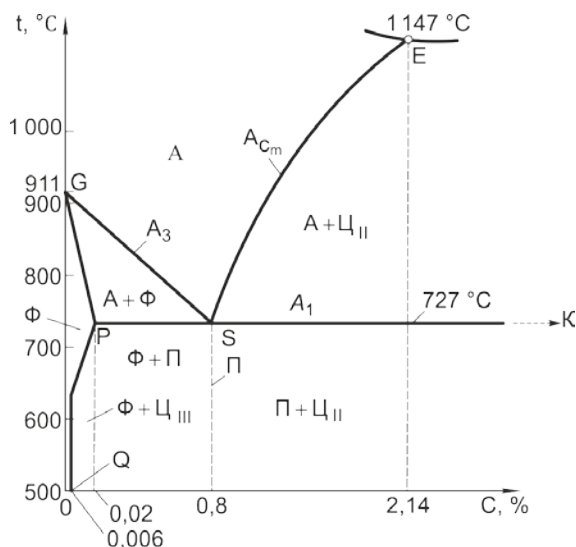
Сындық нүктелердің біріншісі — A нүктесі PSK сызығында жатыр. Осыдан шығатын қорытынды, бұл сындық нүктеде жүретін өзгеру барлық қорытпаларда бірдей температурада жүреді. Бұл — эвтектоидты өзгеру. Бұл нүктеде қыздырған кезде перлит аустенитке айналады, ал суыту кезінде аустенит перлитке айналады.

Осылайша Ac_1 нүктесінде перлит аустенитке айналса, Ar_1 нүктесінде аустенит перлитке айналады.

A_3 нүктесі GS сызығында жатыр. Бұл нүктеге сәйкес келетін өзгеру болаттың құрамындағы көміртектің мөлшеріне байланысты температурада эвтектоидқа дейінгі болаттарда жүреді. Көміртек құрамы 0-ден 0,8%-ға дейін артқан сайын A нүктесінің орны 910-нан 727°-қа дейін өзгереді. $A_{\gamma 3}$ нүктесінде, яғни суыту кезінде аустениттен феррит бөліне бастайды. Аст аустениттегі ферриттің еру соңына сәйкес келеді.

A_{cm} нүктесі SE сызығында жатыр. Эвтектоидтан кейінгі болатты суыту кезінде бұл сызықта аустениттен екінші реттік цементит бөліне бастайды. Қыздырған кезде бұл нүкте аустениттегі екінші реттік цементит еруінің соңына сәйкес келеді.

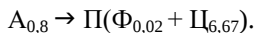
Аталған нүктелердің практикалық маңызы жоғары және олардың мәні термиялық өңдеу операцияларын дұрыс орындау үшін қажет. Одан бөлек басқа да нүктелер бар. Мысалға, A_0 нүктесі цементиттің магниттік өзгеруіне сәйкес келеді (210°). A_2 нүктесі — темірдің магниттік өзгеруі (768°). Бұл нүктелер қорытпалардың магниттік қасиеттерін зерттеуде маңызды.



10.1. сурет. Темір-көміртек қорытпа күйі диаграммасының болат бұрышы:

A — аустенит; P — перлит; F — феррит; C — цементит; C — көміртек құрамы; t температура

Суыту кезінде болатта жүретін өзгерістер. А_{г1} сындық нүктесі арқылы өтуде аустенитті суытуда аустенит-перлиттік өзгеріс орын алады:



Осы кезде келесідей процестер жүреді:

- А (ГЦК) → Ф (ОЦК) кристалдық торының қайта құралуы диффузиясыз процесс болып табылады және суытудың кез келген температурасында жүреді;
- Цементит бөлшектерінің бөлінуі мен коагуляциясы — диффузия-лық процестер, оның өту толықтығы аустениттің суу дәрежесіне байланысты.

Аустениттің суу дәрежесінің артуы диффузиялық процестердің баяулауына, өзгерістердің әлдеқайда төмен температураларға ауысуына және тепе-тең емес құрылымдардың алынуына әкеледі. Феррит-цементиттік қоспадағы цементит бөлшектерінің ұсақталуы сонша, оны қарапайым микроскоптың көмегімен көру мүмкін емес болады.

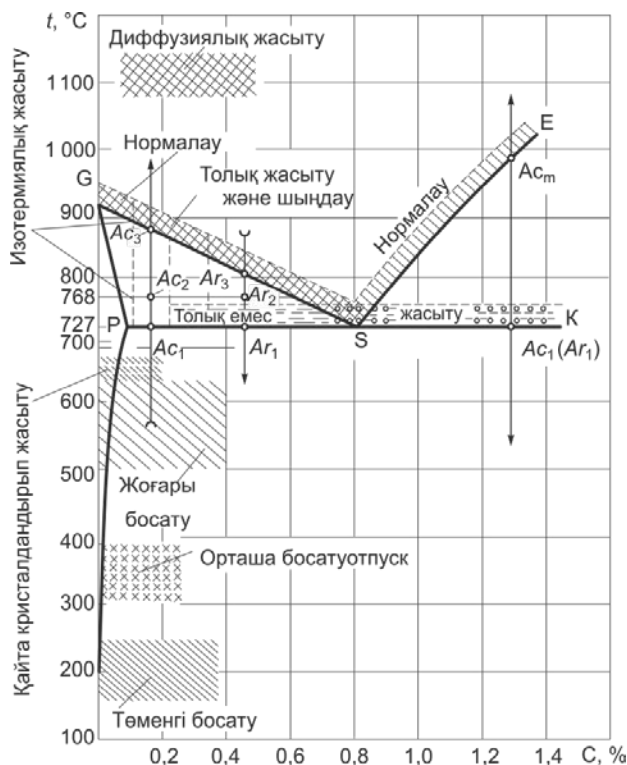
Пешпен тым баяу суытуда, яғни суытудың төмен дәрежесінде өзгеру толығымен жүреді, нәтижесінде аустениттен екі фаза — феррит пен цементиттің қоспасы болып табылатын (НВ = 180...200 МПа) перлит пайда болады.

Жасыту деп болатты фазалық өзгерту температурасынан жоғары қыздырып, осыдан соң баяу суытуды (әдетте пешпен бірге) айтады. Жасытудан кейін болат тепе-тең құрылымға ие болады. Эвтектоидқа дейінгі болаттар үшін мұндай құрылым перлит пен ферриттің қоспасы болып табылады, эвтектоидтылар үшін — перлит, ал эвтектоидтан кейінгілер үшін — екінші реттік цементит (10.2 сурет).

Қыздыру температурасына байланысты жасытудың келесідей түрлері бар:

- жартылай жасыту — болат А_{с1} нүктесінен жоғары, бірақ А_{с3} нүктесінен төмен қыздырылады;
- толық жасыту — болат А_{с3} нүктесінен 30...50°C-қа жоғары жасытылады;
- гомогендеу немесе диффузиялық жасыту — болат ұзақ уақыт 1150...1250°C температурасына дейін қыздырылады;
- қайта кристалдандырып жасыту — бөлшек қайта кристалдандыру температурасынан — Грек жоғары қыздырылады.

Жартылай жасытылуда ішінара қайта кристалдану жүреді. Мұндай жасытудың мақсаты ішкі қысымды жою, қаттылықты төмендету және жуан пластиналық перлитті жіңішке пластиналыққа немесе пластиналықты түйірлікке қайта кристалдау. Жартылай жасыту көп жағдайда эвтектоидтан кейінгі болаттарға қолданылады.



10.2. сурет. Термиялық өңдеу үшін температуралар интервалы бар болат-қа жататын темір-көміртек қорытпасы күйінің диаграммасының бір бөлігі

Толық жасытуда болаттың барлығының қайта кристалдануы жүреді. Ол эвтектондқа дейінгі көміртекті және қоспалы болаттарға қолданылады. Толық жасытудан кейін болат перлит пен феррит біркелкі бөлінген ұсақтүйірлі құрылымға айналады. Толық жасытудың мақсаты қаттылықты төмендету, иілгіштік пен тұтқырлықты жоғарылату, түйірді ұсату, кесіп өңделуді жақсарту. Эвтектондтан кейінгі болаттар үшін толық жасыту қолданылмайды. Диффузиялық жасыту құйма болаттың химиялық құрамын тегістеу мақсатында қолданылады. Ол ликвацияны жояды немесе азайтады, бірақ құрылымның ірітүйірлігін жоймайды. Қайта кристалдандырып жасыту болаттың қаттылығы мен нәзіктігін азайту мақсатында қарсылықты жою үшін жүргізіледі.

Қайта кристалдандыру температурасы болатқа тәуелді. Болаттың құрамында көміртек пен қоспа элементтер көп болған сайын, қайта кристалдандыру температурасы жоғарылай береді. Әдетте болатты қайта кристалдандырып жасыту 680...700°C-қа дейін қыздырылған температурада жүргізіледі. Қайта кристалдандырып жасыту қысыммен суық өңдеу кезіндегі аралық операция ретінде қолданылады.

Егер осы болаттың аустенитін жоғары жылдамдықпен ауада суытса, онда цементиттің ірілендіру процесі толығымен жүруге үлгермейді және нәтижесінде феррит пен цементиттің ұсақ дисперстік қоспасы — шындау сорбиті — S_3 (28...32 HRC) пайда болады.

Эвтектоидқа дейінгі болатты Ac_3 жоғары температурада, ал эвтектоидтан кейінгі болатты Ac_m 50...60°C-тан жоғарыда қыздырып, одан әрі ауада суытуды нормаландыру деп атайды. Нормаландыру кезінде болат қайта кристалданады, ол құюда немесе майыстыруда пайда болған ірі түйірлі құрылымды жояды.

Аустенитті одан да жоғары температурада (майда) суыту кезінде феррит пен цементиттің жоғары дисперстік қоспасы — шындау тро оститтері — T_3 (38...43 HRC) пайда болады.

Перлит, сорбит және троостит құрылымдары — түрлі дисперстік цементит бөлектерінің феррит-цементиттік қоспасы. Бұл құрылым-дардағы цементит иілгіш пішінді болып келеді.

АСПАПТАР, ЖАБДЫҚТАР МЕН МАТЕРИАЛДАР

Жұмысты орындау үшін:

- металлграфикалық микроскоп;
- отқұндақты пеш;
- Роквелл және Бринелль әдістері бойынша қаттылықты өңдеуге арналған аспаптар;
- қаттылықты өлшеу құралының шаригінің із диаметрін өлшеу үшін арнайы лупа;
- үлгілерді тазарту үшін егеулер мен тегістеушілер;
- құйма және ыссы қақталған күйдегі 45 болат үлгілері;
- Жасыту мен нормаландырудан кейінгі 45 болаттың дайын микрошлифтері қажет.

ЖҰМЫСТЫ ОРЫНДАУ ТӘРТІБІ

1. Бес отқұндақты пештің әрқайсысына құйма және ыссы тапталған болат үлгілерін салып, 10.1 кестеде көрсетілген температураға дейін қыздыру.

2. Үлгілерді пешпен, ауада суыту.
3. Нормаланғаннан кейін Роквелл бойынша (С шкаласы), жасытылғаннан соң, Бринелль бойынша үлгілердің қаттылығын өлшеу.

ЖҰМЫС НӘТИЖЕЛЕРІН РӘСІМДЕУ

1. Жұмыстың мақсатын айқындау.
2. 10.1 кестесін толтыру.
3. Жұмыс бойынша қорытынды шығару.

Кесте 10.1. Болатты жасыту мен нормаландыру режимдері 45

Болаттың маркасы	Қыздыру - температурасы, °С	Суыту	Қаттылығы		Құрылымы
			HRC	HB	
45 (құйма)	650	Пешпен			
45 (құйма)	750	Бұл да			
45 (құйма)	850	»			
45 (құйма)	950	»			
45 (құйма)	1 000	»			
45 (ыссы тапталған)	650	Ауада			
45 (ыссы тапталған)	750	Бұл да			
45 (ыссы тапталған)	850	»			
45 (ыссы тапталған)	950	»			
45 (ыссы тапталған)	1 000	»			

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Термиялық өңдеу түрлерін атаңыз.
2. Термиялық өңдеудің түрлеріне сәйкес келетін суыту ортала-рын атаңыз.

3. Қандай термиялық өңдеу жасыту деп аталады?
4. Жасытудың түрлерін атаңыз.
5. Қандай жағдайда және қандай мақсатта нормалан-
дыру жүргізіледі?
6. Перлитке анықтама беріңіз.
7. Шындау сорбиті дегеніміз не?
8. Шындау трооститіне анықтама беріңіз.
9. Термоөңдеуден кейін болаттың құрылымы мен
қасиеттеріне әсер ететін негізгі факторлар қайсы?
10. Сындық нүктелер мен сол нүктелерде жүретін өзге-
рістерді атаңыз.

ШЫНДАУ МЕН БОСАТУДАН КЕЙІН КӨМІРТЕКТІ БОЛАТТАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ МЕН ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Жұмыстың мақсаты — Шындаудағы қыздыру температурасының эвтектондқа дейінгі (45 болат) және эвтектоидтан кейінгі (У10) болаттардың құрылымы мен қасиеттеріне тигізетін әсерін зерттеу; босату температурасының болаттардың құрылымы мен қаттылығына әсерін зерттеу.

ЖАЛПЫ ҰҒЫМДАР

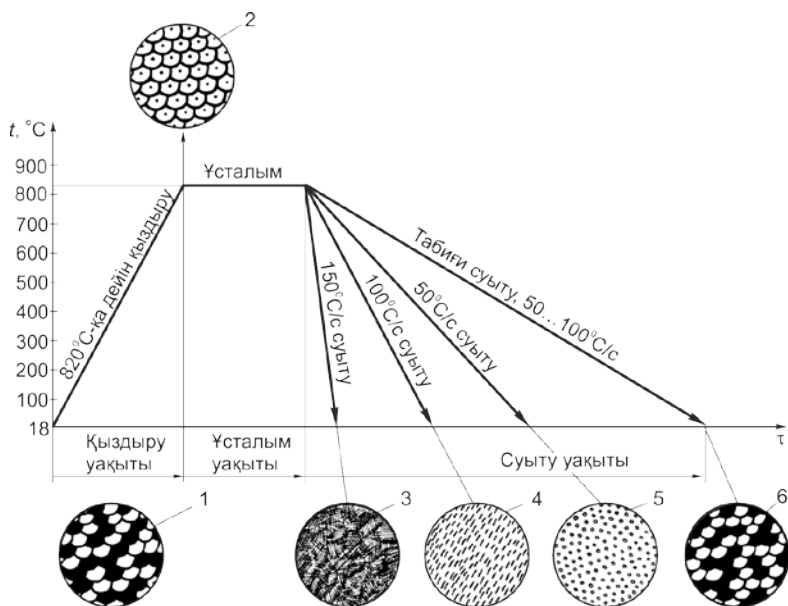
Микроскоппен зерттелетін құрылымдар мен диаграмма бойынша күтілетін күйлер арасындағы сәйкестік тек баяу суытудан кейін, тепе-теңдік күйге қол жеткізілген кезде орнауы мүмкін. Суыту жылдамдығын арттырса, жоғары температуралы фазаны мысалға, аустенитті тым суытып жіберуге болады, соның нәтижесінде фазалық күйлер диаграммасында (11.1 сурет) жоқ жаңа метатұрақты фазалар пайда болады.

Изометриялық өзгерулердің ұзақтығы мен сол кезде қалыптасатын құрылымдардың сипаты аустениттің суу дәрежесіне байланысты.

Суытудың түрлі жылдамдықтарында алынған құрылымдары аустениттің изометриялық өзгеру диаграммасында сипатталады (11.2 сурет). Диаграмманы құру үшін кинетикалық қисықтардың мәліметтері қолданылады, олардың әрқайсысы аустениттің изометриялық өзгеруінің түрлі температураларындағы өзгерістің басталуы мен аяқталу мезетін тіркеуге мүмкіндік береді.

Диаграмма өзгеру температурасының координаталарында құралады — уақыт (уақыт логарифмдік шкала бойынша есептеледі). А1 сәйкес келетін сызықтан жоғары аустенит орналасады.

Аталған сызықтан төмен және өзгеру басталатын қисықтың сол жағына қарай суыған аустенит орналасқан.



11.1. сурет. Эвтектоидқа дейінгі болатты түрлі жылдамдықпен қыздыру және суыту нәтижесінде алынған микроқұрылымдар: 1 — перлит + феррит; 2 — аустенит; 3 — мартенсит; 4 — троостит; 5 — сорбит; 6 — феррит + перлит; t — температура; τ — уақыт

Қисықтың оң жағына қарай аустениттің өзгерістері жоқ. Өзгерудің бас мен аяғы сызықтарының арасында аустенит пен өзгеру өнімдері бар.

Енді түрлі температураларда алынған өзгеру өнімдеріне тоқталып кетейік.

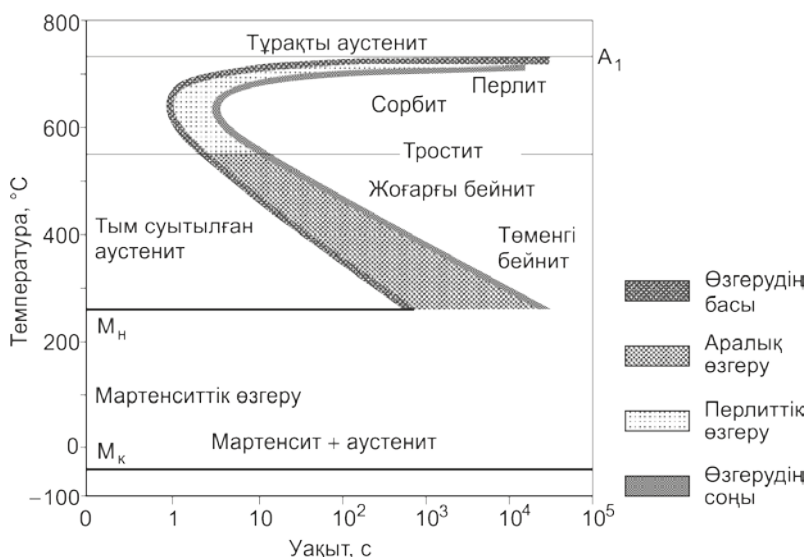
Сәл суытуларда (300 °C-тан төмен) келесідей құрылымдар пайда болады: перлит, сорбит және троостит. Олар ферритпен цементит бөлшектерінің дисперстігімен ерекшеленетін феррит-цементиттік қоспалар болып табылады. Қоспаның дисперстігі ең алдымен суыту дәрежесіне байланысты және ол артқан сайын жоғарылай береді.

Көміртекті болаттың әрбір құрылымы суыған аустениттің белгілі бір температуралар интервалында өзгеруі нәтижесінде пайда болады.

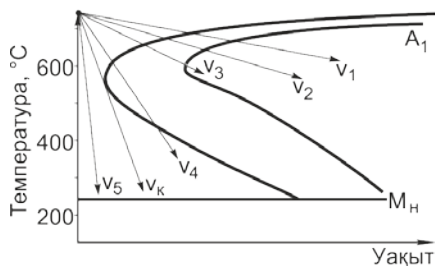
Эвтектоидты болат аустениті 500 °C-тан төмен суыса өзгеру сипаты ауысады және нәтижесінде бейнит деп аталатын аралық құрылым пайда болады. Бейнит те феррит пен цементиттен тұрады, бірақ оның құрылысы басқа. Бейниттің жоғарғы және төменгі құрылымы болады.

Бірінің екіншісіне ауысуы шамамен 350°C суыту температурасында болады. Жоғарғы бейнит түкті болып келеді, ал төменгісі тікенді болады.

Аустенитті 230°C -тан төмен суыту мартенситтің пайда болуына әкеледі. Мартенсит — көміртекті темірге енгізуде пайда болатын қаныққан қатты ерітінді. Кеңістіктегі мартенситтің кристалдары ұшына қарай сүйірленіп келетін пластинаға ұқсас; шлиф жазықтығында олар ине сипатында болады, сондықтан мартенсит ине сияқты деп айтылады. Мартенситтің инелері бір-біріне қарағанда 60 және 120° бұрышта орналасқан. Иненің өлшемі суытқанынан мартенсит пайда болған аустенит түйірлерінің өлшеміне тәуелді. Аустенит түйірлері неғұрлым ұсақ болған сайын мартенситтің инелері де соғұрлым ұсақ, болаттың төзімділігі жоғарырақ және нәзіктігі төменірек болады. Мартенситтің көлемі шағын, қаттылығы өте жоғары (болаттағы көміртек құрамына байланысты шамамен $60...70$ HRC) және иілгіштігі мүлде жоқ деуге болады. Мартенсит болатта тұрақты фаза болып табылмайды және әсіресе қыздырған кезде ыдырауға тырысады. Мартенсит құрылымын алу үшін термиялық өңдеу жүргізіледі.



11.2. сурет. Аустениттің изотермиялық өзгеруінің диаграммасы: M_n , M_k — мартенситтік өзгерудің басы мен аяғының температуралары



11.3. сурет. Аустениттің изотермиялық өзгеруінің диаграммасына үздіксіз суытудың қисықтарын салу:

M_n — мартенситтік өзгерудің басының температурасы, $v_1—v_3$ — суыту жылдамдықтары; v_k — суытудың сындық жылдамдығы

Шындау мартенситі тікелей шыңдалғаннан кейін пайда болады және оның көлемдік орталық тетрогональді торы болады.

Мартенсит пайда болатын суытудың ең төменгі жылдамдығы сындық деп аталады v_k (11.3 сурет).

Көміртекті болаттарды шындау деп сындық нүктелерден жоғарғы температураларды қыздырып, аталған температурада ұстап тұрып және оны одан әрі жылдам суытуды айтады.

Мартенситтің құрылымын алу үшін эвтектондқа дейінгі болаттарды Ac_3 30...50°C-қа жоғары қыздырып, суда суытады. Мұндай шындауды толық шындау деп атайды.

Егер болатты Ac_1 -ден жоғары бірақ Ac_3 -тен төмен температураға дейін қыздырса және осыдан кейін суда суытса, құрылым феррит пен мартенситтен құралады және мұндай операция жартылай шындау деп аталады.

Ферриттің алынуы ферриттің барлық бөлігі аустенитке айналмағанымен байланысты. Одан кейін суда суытуда аустенит мартенситке айналады, ал феррит шыңдалған болатта қалады. Феррит мартенситтің қасында ақшыл дақтар түрінде табылады. Ферриттің болуы шыңдалған болаттың қаттылығы мен төзімділігін төмендетеді, сондықтан толық емес шындау эвтектондқа дейінгі болаттар үшін қолданылмайды.

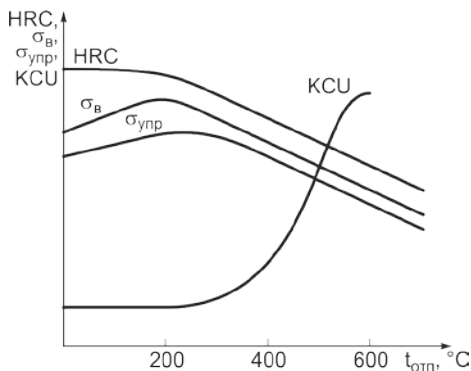
Эвтектондтан кейінгі болаттарды Ac_1 30...50°C-қа жоғары температураға дейін қыздырып, суда суыту керек. Толық емес шындаудан кейін құрылымда мартенситпен қатар екінші реттік цементит те болады. Мұндай қыздыруда аустенитте ерімеген екінші реттік цементиттің біраз мөлшері сақталады. Болатты суда суытуда толық емес шындай жүреді, яғни мартенсит пен екінші реттік цементиттің құрылымы пайда болады. Екінші реттік цементит күңгірт мартенситтің қасында ұсақ дөңгеленген ақшыл коспалар түрінде кездеседі. Оны шыңдалған болатта қалдырады, себебі ол

қаттылық пен төзімділікті арттырады. Сондықтан эвтектоидқа дейінгі болаттар үшін толық емес шындау дұрыс болып есептеледі.

Шыңдалған болатты Ac_1 -ден төмен қыздыру процесі босату деп аталады. Бұл термиялық өңдеудің соңғы операциясы болып табылады. Босатудың нәтижесінде болаттың төзімділігі мен қаттылығы төмендейді, ал иілгіштігі мен соққылық тұтқырлығы жоғарылайды (11.4 сурет).

Босатудың үш түрі болады:

- төменгі (150...250°C): босату мартенситін құрайды (M_0), ол шындау мартенситінен кристалдық торының тетрагональдігімен ерекшеленеді. Босату температурасы жоғарылаған сайын тетрагональділік дәрежесі төмендейді де қаныққа қатты ерітіндіден көміртектің толық бөлінуіне байланысты тор текшелік бола бастайды. Төменгі босату кесетін және өлшейтін құралды, мойынтірек және т.б. термоөңдеуде қолданылады;
- орташа (300...450°C): құрылым босату трооститі (T_0) деп аталатын жіңішке феррит-цементитті қоспа түрінде қалыптасады. Орташа босату болатқа жоғары иілгіштік береді және серіппе, рессор, бұраушыларды термоөңдеуде қолданылады;
- жоғарғы (500...650°C): босату сорбиті (S_0) деп аталатын әлдеқайда жуан феррит-цементитті қоспа пайда болады. Шындау мен жоғарғы босатудың нәтижесінде машиналардың көптеген бөлшектері үшін қаттылық пен төзімділіктің, иілгіштік пен тұтқырлықтың жағымды байланысы пайда болады. Сондықтан шындау мен одан кейінгі босаудан тұратын болатты термиялық өңдеуді **жақсарту** деп атайды.



11.4. сурет. Босату температурасының болаттың құрылымы мен меха-никалық қасиеттеріне тигізетін әсері:

σ_B — төзімділік шегі; $\sigma_{упр}$ — иілгіштік шегі; KCU — соққылық тұтқырлық; HRC қаттылық; $t_{отп}$ — босату температурасы

Әдетте құрамында 0,3...0,5% көміртек бар конструкциялық болаттар жақсартуға ұшырайды.

Босатудың трооститі мен сорбиті цементит құрылымы иілгіш болып келетін шындаудың трооститі мен сорбитіне қарағанда цементитті бөлшектердің түйірлі құрылымымен сипатталады.

Цементит құрылысы түйірлі болаттың иілгіштігі мен тұтқырлығы құрылысы иілгішпен салыстырғанда әлдеқайда жоғары.

АСПАПТАР, ЖАБДЫҚТАР МЕН МАТЕРИАЛДАР

Жұмысты орындау үшін:

- металлграфикалық микроскоп;
- 7 отқұндақты пеш;
- Роквелл әдісі бойынша қаттылықты өлшеуге арналған аспап;
- үлгілерді тазартуға арналған тегістейтін қабықша;
- 45 және У10 болаттарының үлгілері;
- су құйылған ыдыс;
- шындау мен босатудан кейінгі 45 және У10 болаттарының дайын микрошлифтері;
- шындау мен босатудан кейінгі 45 және У10 болаттарының микроқұрылымының суреті қажет.

ЖҰМЫСТЫ ОРЫНДАУ ТӘРТІБІ

1. Түрлі температураларда болат үлгілерін шындаудан өткізу.
2. Шыңдалған үлгілердің қаттылығын өлшеу.
3. Шыңдалған үлгілерді оңтайлы тәртіп бойынша 200; 400 және 600°C температураларында босату.
4. Босатылған үлгілердің қаттылығын өлшеу.
5. Шыңдалған және босатылған үлгілердің микроқұрылымын зерттеп, салу.

ЖҰМЫС НӘТИЖЕЛЕРІН РӘСІМДЕУ

1. Жұмыстың мақсатын айқындау
2. 11.1 кестесін толтыру
3. Қаттылықтың қыздыру мен тәуелділік графигін сызу.
4. Жұмыс бойынша қорытынды шығару

11.1. кесте. Болаттарды шындау және босату тәртіптері

Болат маркасы	Қыздыру температурасы, °C	Суыту ортасы	Қаттылығы		Құрылымы	Босату температурасы, °C	Қаттылығы		Құрылымы
			HRC	HB			HRC	HB	
45	750	Cy							
45	850	Cy				200			
45	850	Cy				400			
45	850	Cy				600			
45	950	Cy							
45	1 050	Cy							
У10	780	Cy				200			
У10	780	Cy				400			
У10	780	Cy				600			
У10	850	Cy							
У10	950	Cy							
У10	1 050	Cy							

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Шындау дегеніміз не?
2. Болатты термиялық өңдеу неге негізделген?
3. Шындаудың қандай түрлері болады?
4. Суытудың сындық жылдамдығы деген не?
5. Шындалған эвтектоидқа дейінгі болаттың құрылымы қандай?
6. Шындалған эвтектоидтан кейінгі болаттың құрылымы қандай?
7. 45 маркалы болаттан жасалған бұйымды қандай температурада қыздырғанда барынша қаттылыққа ие болады?
8. У12 болаттан жасалған бұйымды қандай температурада қыздырғанда барынша қаттылыққа ие болады?
9. Босату деген не?
10. Босатудың түрлерін атаңыз.
11. T_3 T_0 -дан және C_3 C_0 -дан несімен ерекшеленеді?
12. M_3 M_0 -дан несімен ерекшеленеді?
13. Шындау мен төмен босатудан кейін У10 болатының құрылымы мен қаттылығы қандай болу керек?

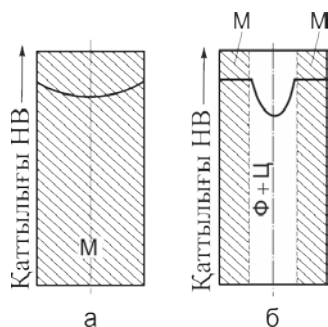
БОЛАТТЫҢ ТҮЙРЕЛУІН АНЫҚТАУ

Жұмыстың мақсаты — түйреп сынақтан өткізу әдісімен танысу.

ЖАЛПЫ ҰҒЫМДАР

Болаттың түйрелуіне әсер ететін факторлар. Шындалған аймақтың ену тереңдігі түйрелу деп түсініледі. Түйрелу шындау кезінде суытудың сындық жылдамдығымен тығыз байланысты. Егер орталығындағы суыту жылдамдығы сындық жылдамдықтан артық болса, онда бұл тесіп өткен түйрелу. Егер шыңдалатын бөлшек немесе үлгінің бетіндегі суыту жылдамдығы жоғары, ал орталығында сындық жылдамдықтан төмен болса, онда ол бітеу түйрелу деген сөз.

Түйрелудің болаттың құрылымы мен қаттылығына тигізетін әсері 12.1. суретте көрсетілген.



12.1. сурет. Түйрелудің болаттың құрылымы мен қаттылығына тигізетін әсері:

a — тесіп өткен түйрелу; *б* — бітеу түйрелу;
М — мартенсит; Ф — феррит; Ц — цементит

Тесіп өткен түйрелуде мартенсит пен қаттылық құрылымы кесілудің өн бойында бірдей болады (12.1, а сурет), ал бітеу түйрелуде қаттылық беткі қабаттан орталыққа қарай төмендей береді (12.1, б сурет).

Суытылған аустениттің төзімділігін арттырып, сәйкесінше шындау кезіндегі суытудың сындық жылдамдығын төмендететін факторлардың барлығы болаттың түйрелуін арттырады. Ол мынадай факторлар:

- қоспалау. Аустенитте еритін қоспалау элементтерінің барлығы (кобальттан басқа) түйрелуді арттырады;
- құрамында көміртектің болуы. Көміртекті болаттардың ішінде эвтектоид құрамды болаттардың түйрелу дәрежесі жоғары;
- Аустениттің нақты түйірінің үлкендігі. Түйір неғұрлым ірі болса, түйрелу де соғұрлым терең болады. Алайда аустенитті түйірді үлкейту есебінен түйрелуді арттыруға жол берілмейді, себебі түйір үлкейген сайын болаттың нәзіктігі артады. Түйрелуді азайту талап етілген жағдайда түйірді ұсақта арқылы мәселе шешіледі;
- Аустениттің біртектілігі. Аустенит әртектілігінің барлық түрі, концентраттық болсын, құрамында карбид, нитрит, оксид және т.б. болуы түйрелуді төмендетеді.

Түйрелуді анықтау әдістері. Болаттың түйрелуін анықтауға арналған бірнеше әдіс бар, алайда оның екеуі ғана кеңінен қолданылады.

Бірінші әдіс суыту ортасында тесіліп түйрелетін цилиндрдің ең үлкен диаметрін анықтаудан тұрады. Мұндай цилиндрдің диаметрін сындық (-Осн) деп атайды. Егер ортасында 50% мартенсит пен 50 феррит-цементтті қоспадан (троостит) тұратын құрылым болса тесіліп түйрелу деп атайды. Аталған құрылым жартылай мартенситті деп аталады.

Құрылымды мөлшерлі зерттеуді әдетте қаттылықты өлшеумен ауыстырады. Бұған рұқсат беріледі, себебі жартылай мартенситті құрылымның қаттылығы аустенитте көміртектің құрамына ғана байланысты.

Сындық диаметр суыту ортасына тәуелді. Суыту ортасы неғұрлым «жұмсақ» болған сайын, сындық диаметр де аз болады. Түйрелудің әмбебап шамасы ретінде «мінсіз сындық диаметр» ұғымы енгізіле бастады, бұл «мінсіз суыту ортасында» тесіліп түйрелетін цилиндрлік үлгінің ең үлкен диаметрі. Аталған ортада шыңдалатын болат дененің беті бірден суыту ортасының температурасын қабылдайды.

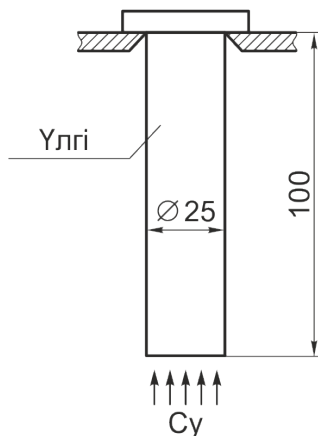
Мінсіз сындық диаметр нақты суыту ортасында (мысалға, суда немесе майда) белгілі бір шындаудың сындық диаметрін қайта есептеу жолымен анықталады.

Түйрелуді анықтаудың **екінші әдісі** шындау температурасына дейін қыздырылған диаметрі 25 мм және ұзындығы 100 мм цилиндрлік үлгіні бір жақ бүйіріне бағытталған су ағынымен суытуға негізделген (12.2 сурет).

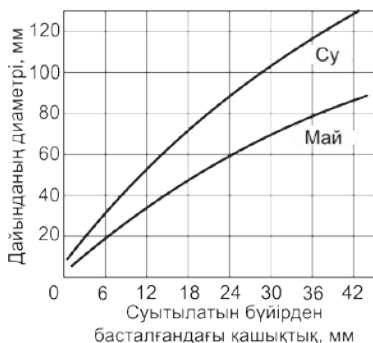
Осылайша шындалған үлгіде ұзындық бойынша қаттылықтың бөлінуі анықталады. Бүйірінен басталатын ұзындықтың қаттылық тәуелділігінің қисығы түйрелудің көрсеткіші болып табылады. Бұл әдіс бүйірлік шындау әдісі деп аталады. Ол МемСТ 5657-69 баяндалған түйрелуді сынақтан өткізу әдісінің негізіне айналған.

Шындап қыздыру кезінде сумен суытылатын үлгінің бүйірін тотығу мен көміртексізденуден қорғайды. Егер қыздыру атмосферасы бақыланбайтын пеште жүргізілсе, үлгі қақпағы бар болаттан жасалған цилиндрлік стақанға салынады. Үлгі суытылатын бүйірімен графитті пластинкаға немесе ұсақталған графит қабатына қойылады. Қызғаннан кейін үлгіні шындау температурасында ұстау уақыты — 30 мин. Үлгіні пештен алған уақыттан бастап суытуды бастау уақыты 5 секундтан аспауға тиіс.

Шындау үлгіні ұстап тұратын құрылғы мен су жіберетін қалыптан тұратын арнайы құралда жүргізіледі. Үлгінің бүйір беті қалыпқа бағытталып тігінен құрылғыға орналастырылады. Үлгі мен қалыптың өстері бір-біріне сәйкес келуге тиіс. Қалыптан үлгінің бүйіріне дейінгі қашықтық 125 мм-ге тең болуға тиіс. Қалыптан ағатын су ағынының биіктігі — 65 мм (үлгіні құарға қоймас бұрын реттеледі). Үлгіні толығымен суығанша дейін судың ағынында ұстап тұрады (10 минуттан кем емес).



12.2. сурет. Үлгіні бүйірлік шындау әдісінің схемасы

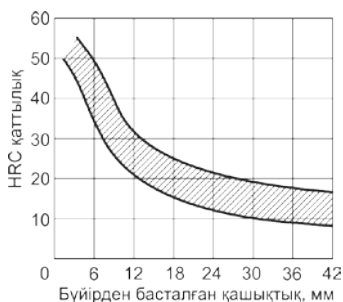


12.3. сурет. Болат түйрелуінің сындық диаметрін анықтау номограммасы

Үлгі шындалғаннан кейін оны барлық ұзындығы бойынша екі диаметрлік тұрғыдан қарама-қарсы алаңды 0,5 мм тереңдікте тегістейді. Осы алаңдардың қаттылығын өлшейді. Алғашқы 16 өлшем әр 1,5 мм сайын жүргізіледі, ал одан кейін 3 мм сайын өлшенеді. Қаттылықты Роквелл бойынша (HRC) анықтайды. Егер бүйірден басталған белгілі бір қашықтықта қаттылық өзгермесе, өлшеу осымен аяқталады.

Өлшеу нәтижелері бойынша «түйрелудің қисығы» деп аталатын бүйірден басталатын қашықтықтың қаттылық тәуелділігінің графигі жасалады. Түйрелу индекстермен (сандық көрсеткіштер) де жазылуы мүмкін. Суытылатын бүйірден басталатын берілген қашықтықтағы қаттылық мәндері түйрелу индекстері болып табылады: l_c (l — суытылатын бүйірден жартылай мартенситті құрылымы бар қаттылық қабатындағы нүктеге дейінгі қашықтық; c — HRC қаттылықтың мәні).

Болаттағы көміртек құрамын біле тұра, 12.1 кесте бойынша жартылай мартенситті аймақтық қаттылық мәні анықталады. Түйрелу қисығын қолдана отырып жартылай мартенситті аймақтың қаттылығына сәйкес келетін бүйірден басталатын қашықтық табылады.



12.4. сурет. 0,4%C болаттың түйрелу қисығы

12.1 кесте. Болат құр байланысты жартылай мамындағы көміртекке артенситті құрылымның

Көміртек құрамы, %	Жартылай мартенситті құрылымның қаттылығы HRC
0,08...0,17	15
0,18...0,22	25
0,23...0,27	30
0,28...0,32	35
0,33...0,42	40
0,43...0,52	45
0,53...0,62	50

Осы қашықтық бойынша, арнайы номограмманы пайдалана отырып (12.3 сурет) әзірлеменің сындық диаметрі анықталады.

Номограммада сындық диаметрдің екі мәні келтірілген: жылдам (суда) және баяу (майда) суытуға арналған, себебі суыту жылдамдығы артқан сайын түйрелу төмендейді.

Бір маркалы болаттың түйрелуі едәуір шектерде химиялық құрамындағы өзгерістерден, қыздыру температурасы (аустенит түйірінің өлшемі), бөлшектің өлшемі мен пішіні және т.б. байланысты ауытқып отырады. Сондықтан болаттың түйрелуі қисық емес, көлденең түй-релумен сипатталады (12.4 сурет).

АСПАПТАР, ЖАБДЫҚТАР МЕН МАТЕРИАЛДАР

Жұмысты орындау үшін:

- Бүйірлік шыңдауға арналған құрылғы;
- Екі отқұндақты пеш;
- Болат үлгілері (диаметрі 25 мм, ұзындығы 100 мм);
- Роквелл әдісі бойынша қаттылықты өлшеуге арналған аспап қажет.

ЖҰМЫСТЫ ОРЫНДАУ ТӘРТІБІ

1. Анықтағыш бойынша берілген үлгілерді шыңдау температура-сын таңдау.

2. Отқұндақты пеште үлгілерді 10.2 кестеде көрсетілген шындау температурасына дейін қыздыру.
3. Шындау құрылғысында су ағынының биіктігін реттеу.
4. Үлгілерді шындауды жүргізу.
5. Қаттылықты өлшеу үшін үлгілердің екі алаңын тегістеу керек.
6. Қаттылықты өлшеу.
7. Түйрелудің қисықтарын құру.
8. 12.1 кесте бойынша болат құрылымының жартылай мартенситті қаттылығын анықтау.
9. Жартылай мартенситті құрылыммен түйрелу қисығы бойынша суытылатын бүйірден кесілуге дейінгі ара қашықтықты анықтау.
10. Номограмма бойынша (12.3 суретке қараңыз) суда шындау және майда шындаудағы сындық диаметрді анықтау.

ЖҰМЫС НӘТИЖЕЛЕРІН РӘСІМДЕУ

1. Жұмыстың мақсатын айқындау.
2. Негізгі теориялық ұғымдарды мазмұндау: түйрелуді анықтау; түйрелу шамасына әсер ететін факторлар; түйрелуді анықтау әдістері.
3. 12.2 кестені толтыру.

12.2 кесте. Болаттың түйрелуін анықтау

Болат маркасы	Қыздыру температура, °C	Жартылай мартенситті аймақтың HRC	Суытылатын бүйірден бастап қашықтық, мм	$D_{кр}$ (су), мм	$D_{кр}$ (май), мм
35					
30ХГСА					
40					
40Х					
У10					
ШХ15					

4. Жұмыс бойынша қорытынды шығару.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

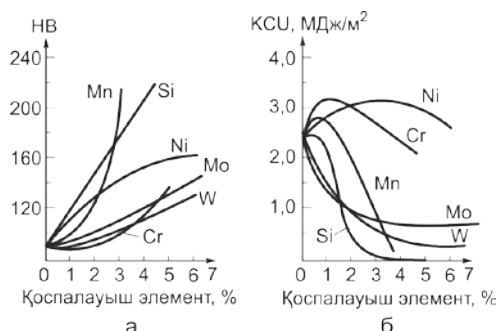
1. Түйрелу дегеніміз не?
2. Түйрелу көлеміне қандай факторлар әсер етеді?
3. Түйрелуді анықтау әдістерін атаңыз.
4. Шындалған және шындалмаған қабаттардың шеттерінде қандай құрылым болуға тиіс?
5. Сындық диаметр суытушы ортаға қалайша тәуелді?
6. Тігінен шындау әдісімен түйрелуін сынақтан өткізу қалай жүргізіледі?
7. Түйрелу индексі дегеніміз не?

ҚОСПАЛЫ БОЛАТТАРДЫҢ ТЕРМИЯЛЫҚ ӨНДЕЛУІН ЗЕРТТЕУ

Жұмыстың мақсаты — термиялық өндеудің аустениттік кластың (12X18H9) жақсартылатын (40X), жылдам кесілетін (P18) және коррозияға төзімді болаттың құрылымы мен қаттылығына тигізетін әсерін зерттеу.

ЖАЛПЫ ҰҒЫМДАР

Қоспалы деп болаттың құрылымы мен қасиеттерін өзгерту мақсатында құрамына белгілі бір мөлшердегі қоспа элементтерін әдейі енгізілген болаттарды айтады. Жасытылған күйде қоспалы болаттардың төзімділігі мен қаттылығы жоғары, ал соққы тұтқырлығы мен иілгіштігі төмен болады (13.1 сурет).



13.1. сурет. Қоспалы элементтердің ферритің қасиеттеріне тигізетін әсері:

а — қаттылықтың өзгеруі; б — соққы тұтқырлығының өзгеруі; HB — Бринелль бойынша қаттылық; KCU — соққы тұтқырлығы

Қоспалы болаттардың маркалануы. Болаттың маркалануында қоспалы элементтер орыс әліпбиінің әріптерімен белгіленеді. (13.1 кесте).

13.1 кесте. Болаттағы қоспалы элементтердің белгіленуі

Атауы	Химиялық символ	Болат маркасында белгіленуі	Атауы	Химиялық символ	Болат маркасында белгіленуі
Хром	Cr	Х	Марганец	Mn	М
Никель	Ni	Н	Кремний	Si	С
Вольфрам	W	В	Ванадий	V	Ф
Титан	Ti	Т	Алюминий	Al	Ю
Молибден	Mo	М	Мыс	Cu	Д
Кобальт	Co	К	Бор	B	Р
Азот	N	А*	Ниобий	Nb	Б
Фосфор	P	П			

* Марканың ортасында.

Қоспалы болат маркаларының белгісі болаттың шамамен жасалған құрамын білдіретін сандар мен әріптерден тұрады.

Марканың басындағы екімүшелі сан пайыздың жүздік бөлшегіндегі көміртектің орташа құрамын білдіреді (конструкциялық болаттар үшін), бірмүшелі сан – пайыздың ондық бөлшегіндегі көміртектің орташа құрамын білдіреді (аспаптық болаттар үшін). Қоспалы элементтің әрқайсысы маркада тиісті әріппен белгіленеді. Әріптерден кейінгі тұратын сандар толық бірліктердегі мөлшері 1%-дан асатын қоспалы элементтердің шамамен есептелген құрамын білдіреді. Егер қоспалы элементтің мөлшері 1%-дан төмен болса, онда әріптен кейін сандық белгі қойылмайды.

Мысалға, 18Х2Н4МА маркасы болаттың құрамында 0,18% көміртек, 2% хром, 4% никель, 1% молибден бар екенін білдіреді, ал 38ХС маркалы болат құрамында — 0,38% көміртек, 1% хром және 1% кремний бар екенін білдіреді.

Марканың соңындағы А әрпі бұл болат жоғары сапалы екенін, яғни күкірт пен фосфор — улы қоспалардың аз екенін білдіреді.

Болат маркаларында оның қолданылуын білдіретін басқа да шартты белгілер кездеседі:

А (марканың басында) – автоматты болаттар, мысалға А20 (0,15...0,25% көміртек). Бұл болаттардың құрамында күкірт пен фосфор көп болғандықтан олар металл кесетін автомат-білдектерде жақсы өңделеді;

Р — тез кесілетін болаттар, мысалға Р18. Сан басты қоспалы элементтің құрамын білдіреді (17,5.19% вольфрам);

Ш — мойынтіректік болаттар, мысалға ШХ15 (15 — пайыздың ондық бөлшегіндегі хромның құрамы, яғни 1,5 %).

Жақсартылатын болаттар. Жақсарту деп шындау мен одан кейін жоғары босатудан (500...650°C) тұратын термиялық өңдеуді айтады. Аталған термиялық өңдеуден кейін босату сорбиті пайда болады. Жақсартылатын болаттардың қатарына құрамында 0,3...0,5% көміртегі бар көміртекті және қоспалы болаттар кіреді.

Жақсартылатын болаттар циклдік немесе соққылық жағдайларда жұмыс істейтін машиналардың маңызды бөлшектерін (біліктерін, соташығын, бұлғақтарын және т.б.) жасауға арналған. Сондықтан олар төзімділік және қаттылықпен қоса жақсы иілгіш және тұтқыр болуға тиіс.

Жақсартуда қамтамасыз етілетін механикалық қасиеттердің жоғары кешені тек тесіліп түйрелуде ғана мүмкін, сондықтан ол мұндай болаттардың маңызды сипаттамаларының бірі болып табылады.

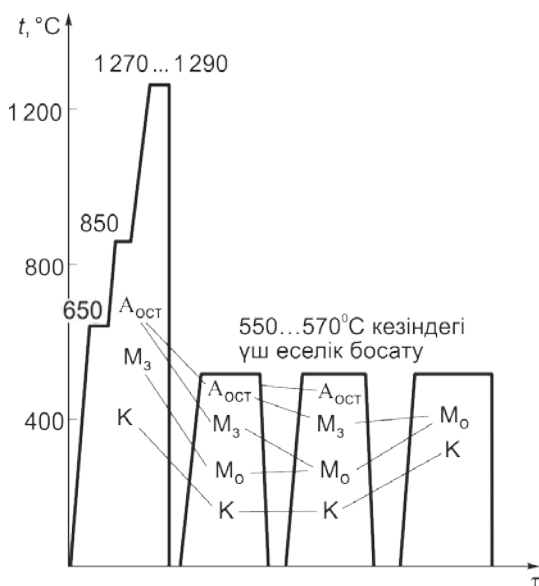
Тез кесетін болаттар. Тез кесетін болаттар кесудің жоғары жылдамдықтарында жұмыс істейтін түрлі кесетін құралдар жасағанға қолданылады. Олар жоғары және күрделі қоспалы болаттар болып табылады. Тез кесетін болаттар өзінің қаттылығын 600°C-қа дейін сақтайды. Мұндай қасиет жылуға төзімді деп аталады. Р18 болаттың химиялық құрамы: 0,7...0,8%С; 3,8...4,4%Cr; 17,0...18,5%W; 1%Mo; 1,0...1,4V (МемСТ 19265—73).

Құрылымы жағынан тез кесетін болаттар ледебуриттік класқа жатады. Құйылған күйінде оларға ледебуриттік эвтектика тән. Құймалы тез кесетін болаттың ледебуриттік эвтектикасы мен нәзіктігін жою үшін болатты қысыммен ыстық өңдейді (жұқарту, майыстыру), осыдан кейін 860...880°C-та жасытады. Қысыммен өңделіп, жасытылғаннан кейін болаттың құрылымы сорбит, қаттылығы НВ 2070...2550. Екінші реттік және ірі бірінші реттік карбидтерден тұрады.

Тез кесуші болат тиісті термиялық өңдеуден кейін жоғары кесу қасиеттеріне ие болады (13.2 сурет). Аз жылуөткізгіштігіне орай тез кесуші болаттарды термиялық қысым мен жарықтарды жою үшін, шындау үшін баяу қыздырады. Практикада тұз ванналарында 600...650, 800...850°C

Аустениттегі карбидтер толығымен еру үшін P18 болаттарын шындауда жоғары қыздыру температуралары керек (1270...1290°C). Аталған температураларға дейін қыздырып, тиісті уақыт ұстағаннан кейін аспапты майда немесе аяда суытады.

Шындау нәтижесінде мартенсит, қалдықты аустенит және қаттылығы 61...63HRC күрделі карбидтерден құралған құрылым алынады. Шындаудан кейін болат барынша қаттылыққа жетпейді, себебі құрылымда шамамен 40% қалдықты аустенит болады. Қажетті қасиет-терге қол жеткізу үшін шындалған аспапты 560°C температурада жоғары босатады. Осы кезде қалдықты аустениттен вольфрам мен ванадийдің карбидтері бөлінеді, бұл оның қоспасын азайтады, сондықтан одан кейінгі суытуда ол мартенситті өзгеруге ұшырайды (150°C-тан төмен температураларда).



t — температура; τ — уақыт; $A_{\text{ост}}$ — қалдықты аустенит; K — карбидтер; M_3 — шындалу мартенситі; M_0 — босату мартенситі

Р18 болатын бір рет босату қалдықты аустениттің толығымен мартенситке ауыстырмайды, сондықтан ең жақсы кесу қасиеттеріне қол жеткізу үшін 560°С-та 45...60 мин ұстап тұрып үш реттік босату жүргізіледі.

Соңғы термиялық өңдеуден кейін тез кесетін болаттың құрылымы босату мартенситі мен карбидтерден(63.65 HRC) құралады.

Аустенитті кластың коррозияға төзімді болаттары. Бұл кластың болаттарының ішінде құрамында шамамен 0,12% көміртек, 18% хром және 8.10% никель бар хромникельдік болат кеңінен танымал. Бұл кластың жиірек қолданылатыны 12Х18Н9 маркалы болат болып табылады.

Коррозияға төзімді болаттар электрохимиялық коррозияға төзімді, оған құрамында 12 %-дан астам хромның болуы әсер етеді.

Бұл болаттар аустениттің бір фазалық құрылымында, хром қатты ерітіндіге болған кезде коррозияға жоғары төзімділігін көрсетеді.

Болатты қыздырған кезде немесе баяу суытқанда түйірлердің шетінен хром карбидтері бөлінеді. Бұл микрокөлемдердегі қатты ерітінді 12 %-дан төмен құрамға дейін хроммен бірігеді, бұл кристаллалық коррозияны тудырады (КАК). Мұндай металл коррозияға төзімділігін жоғалтады және сәл күш көрсетілгеннің өзінде бұзылады.

Болатты кристаллалық коррозияға бейімділігінен арылту үшін, хром карбидтерінің пайда болуының алдын алу керек. Ол үшін төмендегі әдістердің бірі қолданылады:

- Болаттағы көміртек концентрациясын азайту (мысалға, 08Х18Н10 және 04Х18Н10 маркалы болаттар). Өте таза шихтаны қолдану талап етіледі, сондықтан мұндай болаттар өте қымбат және маңызды жағдайларда ғана қолданылады;
- Хромнан қарағанда төзімді карбидтер шығаратын элементтермен қосу (мысалға, 12Х18Н10Т және 12Х18Н12Б маркалы болаттар). Титан мен ниобий осындай элемент бола алады. Хром карбидтерінің пайда болуының алдын алу үшін болаттағы көміртектен титанды 5 есеге, ал ниобийді 8 есеге артық енізу керек;
- Болатты термиялық өңдеу арқылы хром карбидтерінен арылу (мысалға, 12Х18Н9 маркалы болат).

Кристаллалық коррозияға бейімділігін жою үшін 12Х18Н9 типті болаттарды 1050°С-тан асатын температурада шындайды. Карбидтердің қайтадан бөлінуінің алдын-алу үшін шындау кезінде суыту айтарлықтай тез болу керек.

Аустенитті болат өте тұтқыр болғандықтан, оны жарықтардың пайда болуынан қорықпай суға салып шындайды. Шындаудан кейін болаттың құрылымы біртекті аустениттен құралады. Мұндай күйдегі болаттың қаттылығы төмен және иілгіштігі жоғары болады. Шыналған болатты

600...800°C температураға дейін қыздыру хром карбидтерінің бөлінуіне, кристаллаларлық коррозияға бейімділігінің қалпына келуіне әкеледі. Сәйкесінше, босату болаттың қасиеттерін төмендетеді және сондықтан қолданылмайды.

1050°C температурада суда шындау аустенитті кластың барлық коррозияға төзімді хромникельдік болаттарына сәйкес келетін термиялық өңдеудің жалғыз түрі болып табылады. Ол дайын бұйымдарға жасалатын соңғы термоөңдеу ретінде де, қысымен суық өңдеуге арналған аралық өңдеу ретінде де қолданылады.

АСПАПТАР, ЖАБДЫҚТАР МЕН МАТЕРИАЛДАР

Жұмысты орындау үшін:

- отқұндақты пеш;
- су және май құйылған ыдыс;
- 40X, P18 және 12X18N9 болаттан жасалған үлгілер;
- тегістеуші шеңбер;
- Роквелл әдісі бойынша қаттылықты өлшеуге арналған аспап;
- металлграфикалық микроскоп;
- Шындау мен босатудан кейінгі 40X, P18 және 12X18N9 болаттарының дайын микрошлифтері;
- Шындау мен босатудан кейінгі 40X, P18 және 12X18N9 болаттарының дайын микрошлифтерінің суреті қажет.

ЖҰМЫСТЫ ОРЫНДАУ ТӘРТІБІ

1. Барлық үш кластың үлгілеріне шындау жүргізу:

- 40X маркалы болатты 860° температураға дейін қыздырғаннан кейін майда шындау;
- P18 маркалы болатты 1280°C температураға дейін қыздырғаннан кейін майда шындау. Қыздыруды бірінен соң бірін үш пеште 650; 850 және 1280°C температурада жүргізу;
- 12X18N9 маркалы болатты 1050°C температураға дейін қыздырғаннан кейін суда шындау.

13.2 кесте. Қыздыру мен босатудың қоспалы болаттардың қаттылығы мен құрылымына тигізетін әсері

Болат маркасы	Қыздыру температурасы, °С	Суыту ортасы	Қаттылығы	Құрылымы	Қыздыру температурасы, °С	Қаттылығы			Құрылымы
						HRC	HRB	HB	
40X	860	Май			200				
					400				
					600				
P18	650...850...1280	Май			200				
					400				
					560(1)				
					560(2)				
					560(3)				
12X18H9	1050	Cy			200				
					400				
					600				

2. Шыңдалған үлгілердің қаттылығын өлшеу.
3. 40X және 12X18H9 маркалы болаттардың шыңдалған үлгілерін 200; 400; 600°C температурада босату; P18 маркасын 200; 400; 560(1); 560 (2); 560°C(3) температурада босатуу.
4. Салынған үлгілердің қаттылығын өлшеу.
5. Дайын микросылмалар бойынша шыңдалған және босатылған болаттардың микроқұрылымын зерттеу.

ЖҰМЫС НӘТИЖЕЛЕРІН РӘСІМДЕУ

1. Жұмыстың мақсатын айқындау.
2. 40X, P18, 12X18H10 маркалы қоспалы болаттарды термиялық өң-деу теориясын қысқаша сипаттау.
3. 13.2 кестені толтыру.
4. Болат қаттылығының босату температурасына тәуелділігінің графигін салу.
5. Дайын микрошлифтер бойынша шыңдалған және босатылған болаттардың микроқұрылымын салу.
6. Жұмыс бойынша қорытынды шығару.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Жақсарту деген не?
2. Жақсартумен беріктендірілетін бұйымдарға қандай болаттар пайдаланылады?
3. Қоспалы жақсартылатын болаттарды шындауда қандай суы-ту ортасы көбірек қолданылады?
4. Жылуға төзімділік деген не және оның табиғаты қандай?
5. Жақсартылатын және тез кесетін болаттарды шындау үшін қыздыру температурасы қалай таңдалады?
6. Тез кесетін болат шындаудан кейін қандай құрылымға ие болады?
7. Шыңдалатын тез кесетін болатты неліктен баяу және кезең- кезеңмен қыздырады?
8. Тез кесетін болаттар үшін босату температурасын таңдау қалай анықталады?

9. Тез кесетін болаттарды неліктен көпреттік босатуға жібе-реді?
10. Тез кесетін болаттарды шындауда қандай суыту ортасы жиірек қолданылады?
11. Соңғы термиялық өңдеуден кейін тез кесетін болаттың құрылымы қандай болады?
12. Кристалларалық коррозия дегеніміз не және оның табиғаты қандай?
13. 12Х18Н9 болат қандай өңдеуден кейін кристалларалық коррозияға бейім келеді?
14. Хромникельдік қорытпалардың интеркристалды коррозияға бейімділігімен күресудің қандай әдістері бар?
15. 12Х18Н9 болатты шындау үшін қыздыру температурасы қалай анықталады?
16. 12Х18Н9 болатты шындау үшін қандай суыту ортасы пайдаланылады?
17. 12Х18Н9 шындалған болаттың құрылымы қандай?

БОЛАТТЫҢ ЦЕМЕНТТЕЛУІ

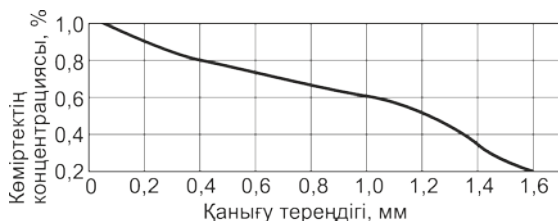
Жұмыстың мақсаты — цементтеу мен одан кейінгі термиялық өңдеудің цементтелген қабаттың құрылымы мен қаттылығына тигізетін әсерін зерттеу.

ЖАЛПЫ ҰҒЫМДАР

Химия-термиялық өңдеу. Химия-термиялық өңдеу деп металдың беткі қабатын әлдебір элементпен диффузиялық қанықтыру процесін айтады. Химия-термиялық өңдеудің (ХТӨ) нәтижесінде бөлшектерді беткі қабатының химиялық құрамы, құрылымы мен қасиеттері өзгереді. ХТӨ-нің негізгі түрлері – цементтеу, азоттау (бетті азотпен қанықтыру), нитроцементтеу (бетті бір мезетте азотпен және көміртекпен қанықтыру), диффузиялық металдандыру. Беткі қабатты қанықтыру бөлшекті қанықтыратын элемент бөлетін ортада белгілі бір температурада қыздыру кезінде жүргізіледі. Осы элементпен қаныққан беткі қабатты диффузиялық деп атайды. Диффузиялық қабаттың астындағы химиялық құрамы өзгермеген бөлшектің материалы өзегі деп аталады.

Болаттың цементтелуі. Цементтелу деп болаттың беткі қабатын көміртекпен қанықтыру процесін айтады. Цементтеудің мақсаты – өзегі тұтқыр беткі қабаты қатты бөлшекті алу. Мұндай қасиеттердің бірлігі бөлшекке жоғары төзімділік және соққы күштеріне төтеп беру қасиетін қамтамасыз етеді.

Цементтелетін бөлшектерді жасау үшін құрамында 0,1...25% көміртек бар көміртекті және қоспалы болаттар пайдаланылады. Беткі қабаттың барынша қатты болуына қол жеткізу үшін цементтеуді құрамында 0,8 ...1,2%-ға дейінгі көміртекпен қанықтыру жүргізіледі.



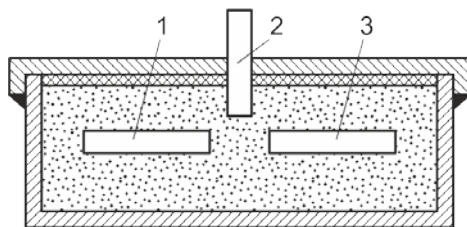
14.1. сурет. Қанықтыру тереңдігіне байланысты көміртектің концентрациясы

Көміртек құрамы одан көп болса бұл екінші реттік цементиттің артуына әсер етіп, ол беткі қабатқа нәзіктік әкеледі. Көміртекті кесінді бойынша тиімді бөлуде ғана цементтеуге қол жеткізіледі. Цементтелген бөлшектер қасиеттерінің толығымен қалыптасуы оны төменгі бастаумен шындауда орын алады. Шындаудан кейін беткі қабаттың құрылымы жоғарыкөміртекті мартенситтен тұрады. Төменгі температуралы босатуды (150.200 °С) ішкі қысымды алу үшін қолданады. Цементтеу, шындау және төменгі босатудан кейін беткі қабаттың қаттылығы 58.62 HRC-ге жетеді.

Цементтеу процесі өз ішінде келесідей процестерге бөлінеді:

- белсенді (атомарлық) көміртектің қалыптасуы;
- цементтелетін бөлшектің беткі қабатын көміртекпен адсорбциялау;
- көміртекті беткі қабаттан тереңдікке қарай диффузиялау.

Цементтеу қатты көміртек құрамды қоспалармен (қатты карбюризатормен) цементтеу, газдық және сұйық ортада (тұз балқытпаларында) цементтеу деп бөлінеді. Соңғы түрі өте сирек қолданылады.



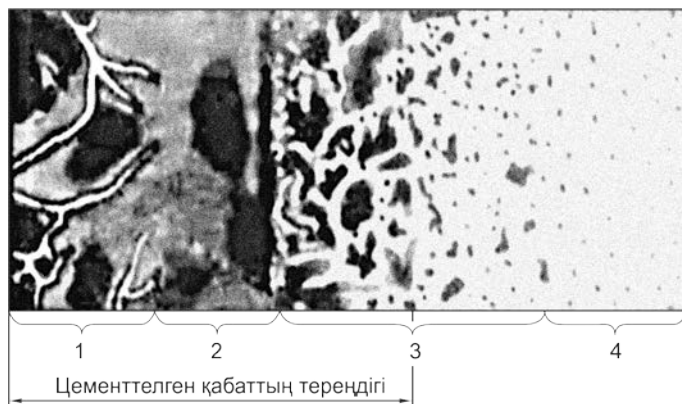
14.2. сурет. Үлгілері бар цементтеу жәшігі:

1, 3 — цементтеуге арналған үлгілер; 2 — цементтеу тереңдігін бақылауға арналған үлгі

Қатты карбюризатормен цементтеу кезінде бұйымдар карбюризатор – көміртектендіретін зат толған болат жәшікке салынады (14.2 сурет). Түрлі қоспалары бар ағаш көмір карбюризатор болып табылады. Қоспа ретінде көмірқышқыл тұздары (әдетте BaCO_3) қолданылады. Цементтеу температурасына дейін қыздырған кезде ($900...950^\circ\text{C}$) көміртекті тұздардың термиялық дислокациясы мен жәшікте қалған көмірмен ауаның қарым-қатынасы нәтижесінде көмірқышқыл газы (CO_2) пайда болады. Көмірқышқыл газының жоғары температурада қалыптасқандықтан, көмірқышқыл газы көміртеппен әрекеттесіп көміртек оксидін құрайды:



Темірмен байланысқан кезде бұл реакция керісінше бағытта жүреді, нәтижесінде атомарлық көміртек пайда болады, цементтелген бұйымның беті осымен қанықтырылады. Осыған орай қатты карбюризатормен цементтеу кезінде соңғысы газдық фазаны қалыптастыруға қызмет етеді, одан белсенді көміртек пайда болады. Газбен цементтеу кезінде цементтеу пешінің жұмыс кеңістігіне құрамында оксид пен метан бар көмірсутектің толығымен жанбайтын өнімдері (табиғи газ, керосин және т.б.) беріледі. Бұл жағдайда белсенді көміртек цементтелетін бұйымның беткі қабатында осы қосылыстардың термиялық дислокациясы нәтижесінде пайда болады.



14.3. сурет. Көміртеппен қанықтыру тереңдігіне байланысты цементтеу кезінде пайда болатын түрлі микроқұрылымдар:

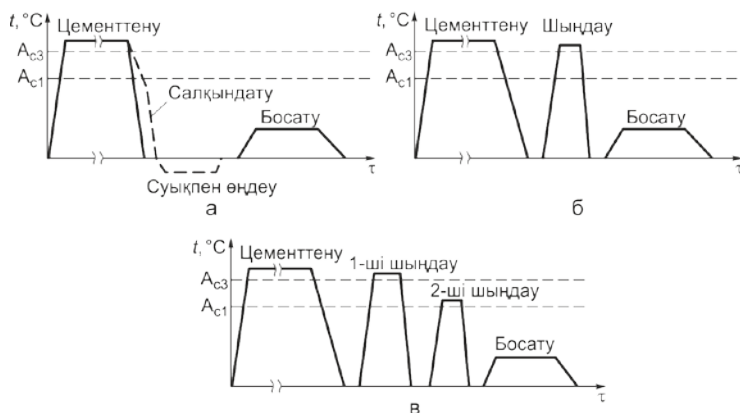
1 — эвтектоидтан кейінгі аймақ; 2 — эвтектоидты аймақ; 3 — эвтектоидқа дейінгі аймақ; 4 — өзек

Цементтеуден кейін баяу суытылған үлгілерден цементтелген қабаттың тереңдігі анықталады. Егер беткі қабаттағы көміртектің концентрациясы эвтектоидтыдан асса, онда құрылым екінші реттік цементиттің торымен қоршалған перлиттен тұрады. Көміртек концентрациясы үздіксіз азаюынан беткі қабаттан бірте-бірте екінші реттік цементит жойылып, құрылым таза перлиттік болып қалады, осыдан соң мөлшері ұлғайып феррит пайда болады (перлиттің мөлшері сәйкесінше азаяды) (14.3 сурет).

Цементтелген қабаттың тереңдігі деп беткі қабаттан бастапқы құрылымға дейінгі немесе құрылымда феррит пайда болғанға дейінгі немесе көп жағдайда перлиттік қабаттың ортасына дейінгі қашықтықты айтады.

Қажетті қалыңдықтағы көміртектендірілген қабатты алу үшін цементтеу 6...12 сағатқа дейін созылуға тиіс. Осы уақытта болатта ірі аустенитті түйір өсуі тиіс. Сондықтан одан арғы термиялық өңдеудің міндеті тек қана мартенсит алу емес, сонымен қатар қатты қызудың құрылымын түзету, яғни түйірді кішірейту болып табылады. Термиялық өңдеуді үш нұсқаның бірімен жүргізеді:

- суытып отырып шындау (14.4, 4 сурет) — цементтейтін қыздыру мен төменгі босату; шындау қысымын және өзгерулерді азайту үшін бөлшектерді шындау алдында A_{c3} -ке тең температураға шамамен 850°C -қа дейін суытады (10.2 суретке қараңыз), табиғи ұсақ түйірлі болаттарға қолданылады;



14.4. сурет. Цементтеу және одан арғы термиялық өңдеу технологиясы:

а — суытып шындау; *б* — бір реттік шындау; *в* — екі реттік шындау; *t* — температура; *τ* — уақыт

- бір реттік шындау (14.4, б сурет) — цементтеуден кейін суыған бөлшектерді шындау және төмен босату; салыстырмалы түрде жауапты емес бөлшектерге қолданылады;
 - екі реттік шындау (14.4, в сурет) — шындау ($\xi_3 = \text{As}_3$, 10.1 суретке қараңыз) және өзекті өңдеу үшін жоғарғы босату, одан кейін шындау ($\xi_3 = \text{As}_1$) мен беткі қабатты өңдеу үшін төменгі босату; жауапты бөлшектерге қолданылады.
- Термоөңдеуден кейінгі беткі қабаттың құрылымы — босату мартенситі, карбидтер мен қалдықты аустенит.

АСПАПТАР, ЖАБДЫҚТАР МЕН МАТЕРИАЛДАР

Жұмысты орындау үшін:

- цементтеуге арналған металл жәшік;
- қатты карбюризатор (ағаш көмір + 20% барий карбонаты (BaCO_3));
- 15 болат үлгілері;
- отқа төзімді сазбалшық;
- отқұндақты пеш;
- цементтеуден кейін баяу суытылған дайын 15 болат үлгілері;
- Цементтеуден кейінгі микроқұрылымның суреті.

ЖҰМЫСТЫ ОРЫНДАУ ТӘРТІБІ

1. Қатты карбюризаторды дайындау.
2. 15 болат үлгілерін цементтеу жәшігіне салып, карбюризатормен толтыру, жәшікті қақпағымен жауып, тесіктерін отқа төзімді балшықпен сылау.
3. 930°C –та 8 сағат бойы цементтеу, осыдан соң цементтеу температурасынан баяу суыту.

Ескерту. Жұмыста бұған дейінгі топ цементтеу жәшігіне салған үлгілер қолданылады. Сабақтың басына қарай цементтеу аяқталады және студенттер келесі сабаққа үлгілерді дайындап болған соң зертханалық жұмысты орындауға кіріседі.

4. Цементтеуден кейін баяу суытылған (эвтектоидтан кейінгі, эвтектонидты және эвтектонидқа дейінгі аймақтардың) 15 дайын болат микрошлифтерін зерттеу.

ЖҰМЫС НӘТИЖЕЛЕРІН РӘСІМДЕУ

1. Жұмыстың мақсатын айқындау.
2. 15 маркалы көміртекті болаттан жасалған бұйымдарды кіріктіру үшін термиялық өңдеу тәртібін таңдау қажет.
3. Цементтеу температурасынан баяу суытылған соң цементтелген қабаттың микроқұрылымын салу.
4. Жұмыс бойынша қорытынды шығару.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Болаттың цементтелуі дегеніміз не?
2. Цементтеуге қандай болат қолданылады?
3. Қатты карбюризатормен цементтеу қалай жүргізіледі?
4. Газды цементтеу қалай жүргізіледі?
5. Жасыту немесе цементтеуден кейін баяу суытудан кейін цементтелген қабаттың құрылымы қандай?
6. Цементтелген қабаттың тереңдігі қалай өзгереді?
7. Соңғы термиялық өңдеуден кейінгі цементтелген қабаттың құрылымы қандай?
8. Цементтеуден кейін болат қандай қасиеттерге ие болады?

ТҮСТІ МЕТАЛДАР ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ НЕГІЗІНДЕГІ ҚОРЫТПАЛАР

Жұмыстың мақсаты — маңызды техникалық түсті металдар мен қорытпалардың микроқұрылымымен және қасиеттерімен танысу.

ЖАЛПЫ ҰҒЫМДАР

Мыс және оның қорытпалары. Мыс жоғары электр және жылу өткізгіш, иілгіш, коррозияға жоғары төзімділігімен сипатталады. Таза мыстың меншікті салмағы $8,9\text{г/см}^3$, балқу температурасы 1083°C , созу кезіндегі төзімділік шегі $\sigma_{\text{тв}} = 250\ldots 260\text{ МПа}$; салыстырмалу ұзаруы $\delta = 40\ldots 50\%$.

Өте аз мөлшердегі қоспалардың көпшілігі (пайыздың жүздік бөлшегі) мыстың электрөткізгіштігін бірден төмендетіп, деформациялануын бұзады. Сондықтан тоқ өткізгіштерді дайындау үшін тазалығы жоғары мыс қолданылады (мысалға, М00 маркалы, мұндағы мыстың құрамы $99,99\%$).

Жез — мыс пен цинктің қорытпасы, құрамында 45% -ға дейін цинк бар.

Жез бірфазалық (39% -ға дейін цинк) және екіфазалық (39% -дан 45% -ға дейін цинк) болады. Бірфазалық жездің микроқұрылымы — мыс торындағы цинктің а-қатты ерітіндісі. Бірфазалық жез ыстық күйде де, суық күйде де иілгіш келеді. Бірфазалық жез микроқұрылымының кескіні 15.1 суретте көрсетілген.

Екіфазалық жездің құрылымы α - және β -фазаларының кристалдарынан тұрады. Соңғы фаза да CuZn электрондық типінің химиялық байланысының базасындағы қатты ерітінді болып табылады. Бұл фаза 453°C -тан жоғарыда – өте иілгіш реттелмеген қатты ерітінді.



15.1. сурет. Бірфазалық жез
микроқұрылымының кескіні (Ж70
маркасы)

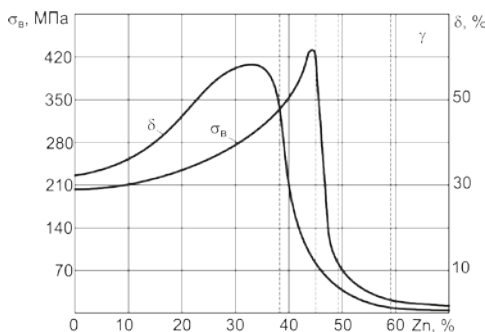
453°C-та қатты ерітіндінің реттелу процесі жүреді және бұл температу-
радан төмен ерітінді β' деп белгіленеді.

Реттелу кезінде әдетте иілгіштік жоғалады да, өңделуі қиындайды,
сондықтан екіфазалық жез ыстық күйінде өңделеді.

Жез Ж әріпімен (жез) және мыстың пайыздық мөлшерін көрсететін
санмен маркаланады. Көпкомпонентті деформацияланатын жездердің
маркасында Ж әріпінен кейін элементтердің әріптік белгілері одан кейін әр
элементтегі мыстың құрамын көрсететін сандар қойылады. Мысалға, Ж68
жезде 68% мыс бар, ЖЖМц59-1-1 жезде 59% мыс, 1% темір және 1%
марганец бар, қалғаны цинк.

Ж68 типті бірфазалық жез (68% — мыс, 32% — цинк) жабын, лента,
сымдарды жасағанға пайдаланылады.

Ж59 типті екіфазалық жез (59% — мыс, 41% — цинк) ыстық прокатқа
және металл шыбықтарын, профильдерді қысып, ордан әрі тығын, сомын,
дөңгелектер және т.б. кесіп дайындауға қолданылады.



15.2. сурет. Цинк құрамының жездің төзімділігі мен иілгіштігіне
тигізетін әсері

Жез қасиеттерін жақсарту үшін оларға никель, алюминий, қорғасын және т.б. сияқты қоспа элементтерін енгізеді.

Қола – цинктен басқа түрлі элементтер мен мыстың қорытпасы.

Қалайы қола ең жақсы құйма қорытпа болып табылады, әсіресе көркем құюда, барлық танымал қорытпалардың ішінде желілік отырғызу шамасы ең төмен. Мұндай қоланың коррозияға қарсы төзімділігі өте жоғары және көл суының әсеріне қарсы тұра алу қабілеті бар.

Тәжірибеде құрамында 10%-ға дейін қалайы бар қола кеңінен қолданылады, себебі 5%-дан бастап иілгіштік күрт төмендей бастайды, ал 15% қалайы болғанда беріктік төмендейді

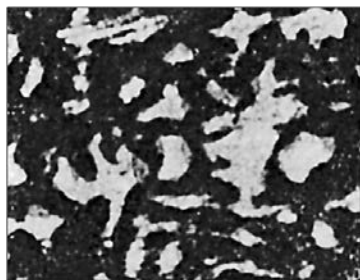
Құрамында 6...8% қалайы бар қорытпалардың құрылымы а-қатты ерітінді болып табылады. Құрамында қалайы 8%-дан жоғары болғанда екінші фаза – ϵ анықталады. Мұндағы құрылым әртекті қатты а ерітіндісі мен эвтектоидты аймақтардан ($\alpha+\epsilon$) тұрады (15.3 сурет)

Құрамында қалайы мөлшері жоғары қола құйма бөлшектер жасаған кезде ғана қолданылады (бу арматурасы, тығын, күрделі үлгілемді құю).

Қола Қл әріптерімен және мыстан бөлек элементтердің бар не жоғын көрсететін сандармен маркаланады. Мысалға, ҚлҚ10— 10% қалайы, қалғаны мыс немесе ҚлҚФ10-1 — 10% қалайы, 1% фосфор, қалғаны мыс.

Алюминий қолалары жақсы сұйықаққыштығымен, құймалардың тығыздығымен және жақсы механикалық қасиеттерімен сипатталады.

Алюминий қолаларын, әсіресе никель, темір және басқа элементтер қосылған қоланы термиялық өңдеумен (шындау және босату) беріктендіруге болады.



а



б

15.3. сурет. Қоланың микроқұрылымы:

а — құйма қалайы; *б* — қысыммен өңдеуден кейінгі құйма қалайы

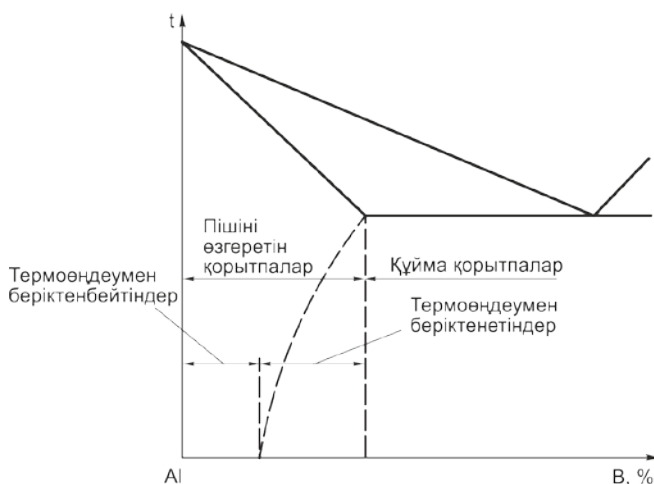
ҚЛА5 типті құрамында алюминий аз қола (5% алюминий, қалғаны мыс) қысыммен жақсы өңделеді. ҚЛА10 типті құрамында алюминий көп қолаға ыстық өңдеу мен құю жүргізіледі. Құрамында алюминий көп қорытпалар төзімділік пен иілгіштіктің төмендігіне байланысты қолданылмайды. Алюминий қолалары конструкциялық бөлшектер мен жартылай фабрикаттар үшін машина жасауда кеңінен қолданылады.

Алюминий және оның қорытпалары. Ең құнды қасиеттерінің бірі – жеңіл салмағы ($2,7\text{г/см}^3$). Техникалық алюминийдің балқыту температурасы 660°C , $\sigma_{\text{в}} = 50\text{...}90\text{ МПа}$; $\delta = 30\text{...}45\%$. Алюминийдің электрөткізгіштігі жоғары, атмосфералық жағдайларда коррозияға қарсы төзімділігі жоғары.

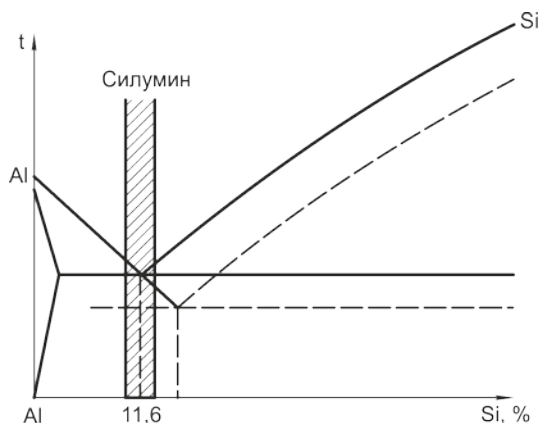
Алюминий қорытпалары деформацияланатын және құйма болып бөлінеді (15.4 сурет).

Құймалы алюминий қорытпалары. Жүйенің кең таралған құймалы қорытпалары силумин деп аталатын алюминий-кремний қорытпалары. Көп жағдайда құрамында 12% кремний бар АЛ2 маркалы қорытпа пайдаланылады (жалпы кремний 11...14% болуы мүмкін).

Құймалы күйде силуминнің құрылымы а-фазаның қатты ерітіндісіндегі кремнийдің жуантікенді қоспалары ретінде көрінеді. Түйірді ұсатып, механикалық қасиеттерін жақсарту үшін құймалы алюминий қорытпаларын модификациялайды (15.5 сурет)



15.4. сурет. Алюминий-қоспалы элемент жүйесі күйінің диаграммасы



15.5 сурет. Al—Si жүйесіндегі қорытпалардың кристалдану жағдайына модификацияның әсері:
модификациясыз; модификациямен

Құюдың алдында модификатор ретінде балқымаға NaF және NaCl тұздарының қоспасын кішкентай мөлшерде (қорытпа салмағының 2...3%) қосады. Модификациядан кейін силуминнің төзімділігі 25%-ға, ал салыстырмалы ұзаруы екі есеге артады.

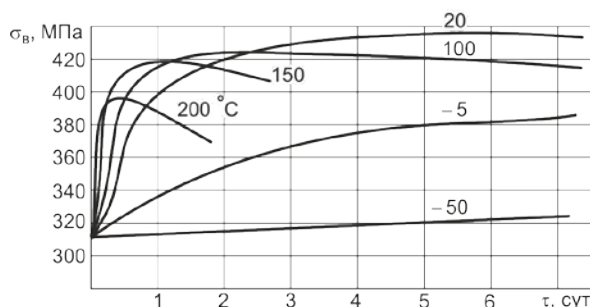
Силуминнің жақсы құйылатын қасиеттері бар, кеуектілігі төмен, сұйыққақыштығы және қалыпты толтыруы жақсы, сонымен қатар қаттылық пен беріктігі жоғары.

Деформацияланатын алюминий қорытпалары. Деформацияланатын және термиялық өңдеумен беріктендірілетін алюминий қорытпаларының ішінде дуралюмин типті қорытпалар кеңінен таралған (Д әріпімен маркаланады). Д1 қалыпты дуралюминнің құрамы: мыс — 4 %, магний — 0,6 %, марганец — 0,6

%, қалғаны — алюминий.

Дуралюминде әрқайсысы шамамен 0,6...0,7% мөлшерде темір мен кремнийдің қоспалары болады. Егер темір зиянды қоспа болса, кремний магниймен бірге Mg_2Si фазасын құрады, ол термоөңдеудегі беріктеушінің бірі болып табылады. Бұл фазадан бөлек $CuAl_2$, $CuAl_2Mg$ және т.б. фазалар беріктендіреді.

Құймалы дуралюминнің микроқұрылымы қатты α ерітіндісінің түйірі ретінде көрінеді, ал шеттерінде $CuAl_2$ қоспалары орналасады.



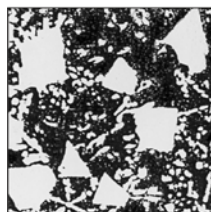
15.6. сурет. Дуралюмин беріктік шегінің σ_b түрлі температура-ларда тозу ұзақтығына t тәуелділігі

Жасытылған күйде Д1 дуралюминнің қасиеттері жоғары емес. Дуралюмин қасиеттерін жақсарту үшін оны шындап ($\approx 500^\circ\text{C}$), одан әрі тоздырады (15.6 сурет).

Дуралюмин типті қорытпалар жабын, лента, сымдар және т.б. түрінде қолданылады.

Мойынтіректі қорытпалар (баббиттер). Баббит деп қалайы немесе қорғасынның негізіндегі (немесе осы екі металдың қоспасы негізінде) қорытпаларды айтады. Сырғу мойынтіректерінің салмаларын құю үшін пайдаланылады. Бұл қорытпаға сүрме мен мыс қосады (сүрме 18%)-ға дейін.

Сырғу мойынтіректерінің құрылымы жұмсақ негіз бен қатты қоспалардан тұрады (15.7 сурет). Қалайы (дәлірек айтсақ қалайы негізіндегі қатты ерітінді) немесе қорғасын жұмсақ негіз болып табылады. Қатты қоспалардың рөлін сүрме немесе оның байланыстары SnSb. орындайды. Мыс бұл қорытпаларға тек сүрме кристаларының жеңіл салмағы бойынша ликвацияға жол бермеу үшін енгізіледі.



а



б

15.7. сурет. Баббит микроқұрылымы (а) және микроқұрылым кескіні(б)

Ең жақсы үйкеліске төзімді қасиеттер Б83 маркалы бабитке тән (11 % сүрме, 6% мыс, қалғаны — қалайы). Үйкеліске төзімділік — сырғу үйкелісінің төменгі коэффициентін қамтамасыз ететін және сол арқылы бөлшектің тозу жылдамдығын төмендететін материалдың қасиеті.

Мойынтіректі қорытпаларды шартты түрде мынадай қорытпаларға бөлуге болады:

- қалайы негізінде (Б83, Б90, Б93);
- қорғасын негізінде (БС, БК);
- қалайы-қорғасын негізінде

Баббиттер тек сырғу тірегінің жұмыс бетін жіңішке (1 мм төмен) қаптауға болданылады.

АСПАПТАР, ЖАБДЫҚТАР МЕН МАТЕРИАЛДАР

Жұмысты орындау үшін:

- металл графикалық микроскоп;
- түсті қорытпалар: латунь, қола, дуралюмин, силумин және баббиттің дайын микросылмалары;
- Түсті қорытпалардың микроқұрылымының суреті керек.

ЖҰМЫСТЫ ОРЫНДАУ ТӘРТІБІ

1. Дайын микросылмалар бойынша түсті металл қорытпаларының микроқұрылымын зерттеу.

2. Аталған құрылымның қалыптасуына әкелген қорытпаны өңдеу түрін анықтау.

3. Есеп әзірлеу.

ЖҰМЫС НӘТИЖЕЛЕРІН РӘСІМДЕУ

1. Жұмыстың мақсатын анықтау.

2. Негізгі теориялық ережелерді баяндау: латунь мен ездiң құрылымы, қасиеттері мен маркировкасы. Дуралюмин оны термоөңдеу, құрылымы, қасиеттері. Силумин, модификацияланған және модификацияланбаған түрінің құрылымы мен қасиеттері. Үйкеліске төзімді қорытпалар.

3. 15.1 кестесін толтыру.

4. Жұмыс бойынша қорытынды шығару.

15.1 кесте. Түсті металл қорытпаларын микроталдау

№ р/с	Қорытпаның маркасы	Қорытпаның атауы	Химиялық құрамы	Өңдеу	Құрылымдық бөлшектері	Микроқұрылым (кескін)
1	Л69					
2	Л59					
3	БрО6					
4	БрОЮ					
5	Д16					
6	АЛ2					
7	Б83					

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Мыстың негізгі қасиеттерін атаңыз.
2. Мырыштың қосылуынан жездің құрылымы қалай өзгереді?
3. ҚлО10 қоланың құрылымы қандай?
4. Алюминий қорытпалары технологиялық қасиеттері бойынша қандай топтарға бөлінеді?
5. Дуралюминнен жасалған бұйымдар қандай әдіспен берік-тенеді?
6. Эвтектикалық силуминдердің жуан құрылымын қандай әдіспен жақсартады?
7. Б83 баббитінің құрылымын сипаттаңыз.

Бринелль бойынша аударма кестесі (НВ)

Н	НВ	Н	НВ	Н	НВ	Н	НВ	Н	НВ
356	92	400	132	444	173	488	215	532	259
358	94	402	134	446	175	490	217	534	261
360	96	404	136	448	177	492	219	536	263
362	98	406	138	450	179	494	221	538	265
364	100	408	139	452	181	496	223	540	267
366	101	410	141	454	182	498	225	542	269
368	103	412	143	456	184	500	227	544	271
370	105	414	145	458	186	502	229	546	273
372	107	416	147	460	188	504	231	548	276
374	109	418	149	462	190	506	233	550	278
376	110	420	151	464	192	508	235	552	280
378	112	422	152	466	194	510	237	554	282
380	114	424	154	468	196	512	239	556	284
382	116	426	156	470	198	514	241	558	286
384	118	428	158	472	200	516	243	560	288
386	119	430	160	474	202	518	245	562	290
388	121	432	162	476	204	520	247	564	292
390	123	434	164	478	205	522	249	566	294
392	125	436	165	480	207	524	251	568	297
394	127	438	167	482	209	526	253	570	299
396	128	440	169	484	211	528	255	572	301
398	130	442	171	486	213	530	257	574	303

Н	НВ	Н	НВ	Н	НВ	Н	НВ	Н	НВ
576	305	604	335	632	367	660	399	688	433
578	307	606	338	634	369	662	402	690	436
580	309	608	340	636	371	664	404	692	438
582	311	610	342	638	374	666	407	694	441
584	314	612	344	640	376	668	409	696	443
586	316	614	347	642	378	670	411	698	445
588	318	616	349	644	381	672	414	700	448
590	320	618	351	646	383	674	416	702	450
592	322	620	353	648	385	676	419	704	453
594	324	622	356	650	388	678	421	706	455
596	327	624	358	652	390	680	423	708	458
598	329	626	360	654	392	682	426	710	460
600	331	628	362	656	395	684	428		
602	333	630	365	658	397	686	431		

Роквелл бойынша аударма кестесі (HRC)

H	HRC	H	HRC	H	HRC	H	HRC	H	HRC
522	20,1	572	29,1	622	37,3	672	44,8	722	51,6
524	20,5	574	29,4	624	37,6	674	45,1	724	51,8
526	20,9	576	29,8	626	37,9	676	45,4	726	52,1
528	21,2	578	30,1	628	38,3	678	45,7	728	52,3
530	21,6	580	30,5	630	38,6	680	46,0	730	52,6
532	22,0	582	30,8	632	38,9	682	46,2	732	52,9
534	22,3	584	31,1	634	39,2	684	46,5	734	53,1
536	22,7	586	31,5	636	39,5	686	46,8	736	53,3
538	23,1	588	31,8	638	39,8	688	47,1	738	53,6
540	23,4	590	32,1	640	40,1	690	47,3	740	53,8
542	23,8	592	32,5	642	40,4	692	47,6	742	54,1
544	24,2	594	32,8	644	40,7	694	47,9	744	54,3
546	24,5	596	33,1	646	41,0	696	48,2	746	54,6
548	24,9	598	33,5	648	41,3	698	48,4	748	54,8
550	25,2	600	33,8	650	41,6	700	48,7	750	55,1
552	25,6	602	34,1	652	41,9	702	49,0	752	55,3
554	25,9	604	34,4	654	42,2	704	49,2	754	55,5
556	26,3	606	34,8	656	42,5	706	49,5	756	55,8
558	26,7	608	35,1	658	42,8	708	49,8	758	56,0
560	27,0	610	35,4	660	43,1	710	50,0	760	56,2
562	27,4	612	35,7	662	43,4	712	50,3	762	56,5
564	27,7	614	36,1	664	43,7	714	50,6	764	56,7
566	28,1	616	36,4	666	44,0	716	50,8	766	56,9
568	28,4	618	36,7	668	44,2	718	51,1	768	57,2
570	28,7	620	37,0	670	44,5	720	51,3	770	57,4

2 қосымшаның соңы

Н	HRC	Н	HRC	Н	HRC	Н	HRC	Н	HRC
772	57,6	800	60,7	828	63,5	856	66,1	884	68,5
774	57,8	802	60,9	830	63,7	858	66,3	886	68,6
776	58,1	804	61,1	832	63,9	860	66,5	888	68,8
778	58,3	806	61,3	834	64,1	862	66,6	890	68,9
780	58,6	808	61,5	836	64,3	864	66,8	892	69,1
782	58,7	810	61,7	838	64,5	866	67,0	894	69,3
784	59,0	812	61,9	840	64,6	868	67,1	896	69,4
786	59,2	814	62,1	842	64,8	870	67,3	898	69,6
788	59,4	816	62,3	844	65,0	872	67,5	900	69,7
790	59,6	818	62,5	846	65,2	874	67,6	902	69,9
792	59,8	820	62,7	848	65,4	876	67,8	904	70,0
794	60,0	822	62,9	850	65,6	878	68,0		
796	60,3	824	63,1	852	65,7	880	68,1		
798	60,5	826	63,3	854	65,9	882	68,3		

Әдебиеттер тізімі

1. *Адашкин А. М.* Материаловедение (металлообработка) : алғашқы кәсіби білім беруге арн. оқул./ А. М.Адашкин, В. М. Зуев. — 6- басылым, стер. — М. : «Академия» баспа орталығы, 2009. — 288 б.
2. *Геллер Ю. А.* Инструментальные стали / Ю. А. Геллер. — М. : Металлургия, 1983. — 526 б.
3. *Волков Г. М.* Материаловедение : жоғары оқу орындарының студ. арн. оқул./ Г. М. Волков, В. М. Зуев. — М. : «Академия» баспа орталығы, 2008. — 400 б.
4. *Геллер Ю. А.* Материаловедение : оқу құралы / Ю. А. Геллер, А. Г. Рахштадт. — М. : Металлургия, 1989. — 455 б.
5. *Гуляев А. П.* Металловедение / А.П. Гуляев. — М. : Металлургия, 1976. — 647 б.
6. *Кучер А. М.* Технология металлов / А. М. Кучер. — Л. : Машиностроение, 1987. — 207 б.
7. *Кузьмин Б. А.* Технология металлов и конструкционных материалов / Б. А. Кузьмин, Ю. Е. Абраменко. — М. : Машиностроение, 1989. — 496 б.
8. *Лахтин Ю. М.* Материаловедение / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьев. — М. : Машиностроение, 1990. — 528 б.
9. *Макиенко Н. И.* Общий курс слесарного дела / Н. И. Макиенко. — М : Высш. шк., 1989. — 528 б.
10. Материаловедение : ЖОО арн. оқулық / [Б. Н.Арзамасов, В. И. Макарова, Г. Г. Мухин и др.] ; ред. Б. Н. Арзамасова, Г. Г. Мухина. — М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. — 648 б.
11. *Покровский Б. С.* Слесарное дело : алғашқы кәсіби білім беруге арн. оқул./ Б. С. Покровский, В. А. Скакун. — 7-басылым., стер. — М. : «Академия» баспа орталығы, 2011. — 320 б.

Мазмұны

Алғы сөз	4
№ 1 зертханалық жұмыс. ММР-1 металлграфикалық микроскоптың көмегімен болаттың құрылымын зерттеу	8
№ 2 зертханалық жұмыс. Роквелл және Бринелль бойынша қаттылықты өлшеу әдістемесімен танысу	15
№ 3 зертханалық жұмыс. Бағдарламалық жасақтаманы қолданып Роквелл және Бринелль бойынша қаттылықты өлшеу әдістемесімен танысу	21
№ 4 зертханалық жұмыс. Металдың макроқұрылымын зерттеу (макроталдау)	26
№ 5 зертханалық жұмыс. Металдар мен қорытпалардың кристалдануын зерттеу	33
№ 6 зертханалық жұмыс. Пластикалық деформация мен одан арғы қыздырудан кейін металл құрылымын зерттеу	42
№ 7 зертханалық жұмыс. Бірөстік созу арқылы сынақтан өткізу арқылы төзімділік пен иілгіштіктің негізгі сипаттамаларын анықтау	48
№ 8 зертханалық жұмыс. Болаттардың микроқұрылымын зерттеу	54
№ 9 зертханалық жұмыс. Шойынның микроқұрылымын зерттеу	64
№ 10 зертханалық жұмыс. Жасыту мен нормаландырудың көміртекті болат құрылымына тигізетін әсерін зерттеу	74
№ 11 зертханалық жұмыс. Шындау мен босатудан кейін көміртекті болаттардың құрылымы мен қасиеттерін зерттеу	81
№ 12 зертханалық жұмыс. Болаттың түйрелуін анықтау	89
№ 13 зертханалық жұмыс. Қоспалы болаттардың термиялық өңделуін зерттеу	96
№ 14 зертханалық жұмыс. Болаттың цементтелуі	105
№ 15 зертханалық жұмыс. Түсті металдар және олардың негізіндегі қорытпалар	111
Қосымшалар	120
Әдебиеттер тізімі	124

Оқу баспасы

**Соколова Елена Николаевна,
Борисова Алла Олеговна,
Давыденко Людмила Васильевна**

Материалтану

Зертханалық практикум

Оқу құралы

3-басылым, стереотипті

**Редактор *М.С.Кубай*
Техникалық редактор *Е. Ф. Коржуева*
Компьютерлік беттеу: *С. Ф. Фёдорова*
Корректор *С.Ю. Свиридова***

Басылым № 103113558. 15.01.2016 баспаға қол қойылды. Пішіні 60 x 90/16.
Офс. қағаз. № 1. Гарнитура «Балтика». Офсеттік басылым. Шарт. баспа парағы. 8,0.
Тираж 500 дана. Тапсырыс №

«Издательский центр «Академия» АБК. www.academia-moscow.ru
129085, Мәскеу қ., Бейбітшілік даңғылы, 101В, 6. 1.
Тел./факс: (495) 648-0507, 616-00-29.

Санитарлық-эпидемиологиялық қорытынды № РОСС RU. АЕ51. Н 16679 от 25.05.2015.

«Первая образцовая типография» ААҚ-да баспа ұсынған электрондық та
сымалдаушыларда басылды