

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

Инженерлік физика кафедрасы

Алаш Нұрсұлтан Болатұлы

«Болаттан жасалған құрал-жабдықтардың беріктігін және үйкеліске  
төзімділігін арттыру технологиясын жасау»

### **ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

5B071000 – «Материалтану және жаңа материалдар технологиясы» мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

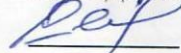
Инженерлік физика кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

«Инженерлік физика»

кафедра меңгерушісі

PhD доктор

 Р.Е. Бейсенов

«20» мамыр 2019 ж.

### ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Болаттан жасалған құрал-жабдықтардың беріктігін және үйкеліске төзімділігін арттыру технологиясын жасау»

5B071000 – «Материалтану және жаңа материалдар технологиясы» мамандығы

Орындаған:

Алаш Нұрсұлтан Болатұлы

Пікір беруші:

PhD доктор

 Омарбекова А.О.

«20» мамыр 2019 ж.

Ғылыми жетекшісі:

Т.Ғ.Д профессор

 Смағұлов Д.У.

«20» мамыр 2019 ж.

Алматы 2019



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік инженерия институты

Инженерлік физика кафедрасы

5B071000 – «Материалтану және жаңа материалдар технологиясы» мамандығы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

«Инженерлік физика»

кафедра меңгерушісі

PhD-доктор

 Р.Е. Бейсенов

«20» мамыр 2019 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Алаш Нұрсұлтан Болатұлы

Тақырыбы: *Болаттан жасалған құрал-жабдықтардың беріктігін және үйкеліске төзімділігін арттыру технологиясын жасау*

Университет ректорының «06» қараша 2019 ж. №1252-б бұйырығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «19» мамыр 2019 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Диплом алды практикала алынған материалдар ғылыми техникалық дереккөздер

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер:

а) Электролитті-плазмалық өңдеу режимдеріне байланысты азлегірленген болаттардың беттік қабаттарының құрылысы мен фазалық құрамының қалыптасу ерекшеліктерін зерттеу

б) Электролитті-плазмалық өңдеу режимдеріне байланысты азлегірленген болаттардың беттік қабаттарының құрылысы мен фазалық құрамының қалыптасу ерекшеліктерін зерттеу

Ұсынылған негізгі әдебиет атауы: *Мозберг Р.К. Материаловедение: Учебное пособие для втузов - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1991. - 448 с.;*

*Егоров А.В. Электрометаллургия стали и спецэлектрометаллургия.*

*Электроплавильные печи черной металлургии: Учеб. пособие. - М.: МИСИС,*

*2007.-428 с.; Болховитинов Н.Ф., Болховитинова Е.Н. Атлас макро и*

*микроструктур металлов и сплавов: Учебное пособие Для втузов. - 3-с изд.,*

*перераб, и доп. - М.: Машиностроение, 1964. - 102 с.*



5B071000 -Материалтану және жаңа материалдар технологиясы мамандығы бойынша орындалған дипломдық жұмыстың ғылыми жетекшісінің

ШҚІРІ

Дипломдық жұмыстың авторы: Алаш Нұрсұлтан

Дипломдық жұмыстың тақырыбы: Болаттан жасалған құрал-жабдықтардың беріктігін және үйкеліске төзімділігін арттыру технологиясын жасау

Орындалды:

- а) графикалық бөлім слайд
- б) түсініктеме бет

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

Қ.И. Сатпаев атындағы ҚазҰТЗУ - дың. Ә. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік инженерия институтының Инженерлік физика кафедрасында орындалған. Дипломдық жұмыста болаттан жасалған құрал - жабдықтардың беріктігін арттыру технологиясын жасау мақсатында түрлі өңдеулер жүргізілген.

Дипломдық жұмыста теориялық және металлографиялық, растрлы электронды-микроскопиялық және рентген-құрылымдық талдау, сонымен бірге металлқорытпаларының механикалық қасиеттерін, үйкеліске төзімділігін зерттеу әдістерін қолдана отырып, электролитті - плазмалық өңдеу кезінде металдың бетінде керамикалық қорғаушы кабаттар құрылу ерекшеліктері зерттелінген.

Ескертулер:

1. Жұмыстың мазмұнында статистикалық және грамматикалық қателіктер кездеседі;
2. Азлегіріленген және азкөміртекті болат үлгілеріне салыстыру қарастырылмаған;
3. Ізденуші дипломдық жұмысқа қатысты және теориялық сұрақтарға дайындығын толықтыра түсу қажет.

**ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ**

Алаш Нұрсұлтан дипломдық жұмысын 80% -ға (жақсы) бағалауға болады деп санаймын, ал студент 5B071000 «Материалтану және жаңа материалдар технологиясы» мамандығы бойынша бакалавр академиялық квалификациясын алуға мүмкіндігі бар.

Ғылыми жетекші  
т.ғ.д., профессор

  
(Қолы)

Смағұлов Д.Ү.

«20» ноябрь 2019 ж.

## РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс  
Алаш Нұрсұлтан

5B071000 -Материалтану және жаңа материалла технологиясы

Тақырыбы: Болаттан жасалған құрал-жабдықтардың беріктігін және үйкеліске төзімділігін арттыру технологиясын жасау

Орындалды:

- а) графикалық бөлім слайд
- б) түсініктеме бет

### ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Дипломдық жұмыс Қ.И. Сатпаев атындағы ҚазҰТЗУ - дың, Ә. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік инженерия институтының Инженерлік физика кафедрасында орындалған. Дипломдық жұмыста болаттан жасалған құрал - жабдықтардың беріктігін арттыру технологиясын жасау мақсатында түрлі өңдеулер жүргізілген.

Дипломдық жұмыста теориялық және металлографиялық, растрлы электронды-микроскопиялық және рентген-құрылымдық талдау, сонымен бірге металлқорытпаларының механикалық қасиеттерін, үйкеліске төзімділігін зерттеу әдістерін қолдана отырып, электролитті - плазмалық өңдеу кезінде металдың бетінде керамикалық қорғаушы кабаттар құрылу ерекшеліктері зерттелінген.

Ескертулер:

1. Жұмыстың мазмұнында статистикалық және грамматикалық қателіктер кездеседі, кейбір кестелерге сілтемелер дұрыс келтірілмеген;
2. Азлегірленген және азкөміртекті болат үлгілеріне салыстыру қарастырылмаған;
3. Бөлімдердің бір-бірімен логикалық байланысы толық ашылмаған;
4. Ізденуші дипломдық жұмысқа қатысты және теориялық сұрақтарға дайындығын толықтыра түсу қажет.

### ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Алаш Нұрсұлтан дипломдық жұмысын 80% -ға (жақсы) бағалауға болады деп санаймын, ал студент 5B071000 «Материалтану және жаңа материалдар технологиясы» мамандығы бойынша бакалавр академиялық квалификациясын алуға мүмкіндігі бар.

Рецензент  
PhD доктор,  
«Компьютерлік инженерия және  
ақпараттық қауіпсіздік» кафедрасының  
ассистент-профессоры

Омарбекова А.О.

«05» 05 2019 ж.

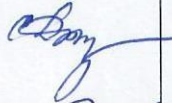
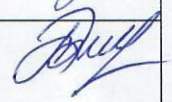




Дипломдық жұмысты дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдер	Ескертулер
Әдеби шолу	қантар 2019 ж	
Тәжірибелік бөлім	наурыз 2019 ж	
Дипломдық жұмысты қорғау	мамыр 2019 ж	

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа (жобаға) қойған қолтаңбалары  
(жұмысқа қарасты тараулардың нұсқаумен)

Бөлім атауы	Кеңесшілер, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Тәжірибелік жұмыстар	Смағұлов Д.У. Т.Ғ.Д профессор	19.05.2019 ж	
Нормоконтролер	Телешова А.Б. PhD доктор	19. 5. 2019.	

Ғылыми жетекші



Смағұлов Д.У.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Алаш Н.Б

Күні

«20» мамыр 2019 ж

## АҢДАТПА

Дипломдық жобада болаттан жасалған құрал – жабдықтардың беріктігін және үйкеліске төзімділігін арттырудың жаңа технологиясы қарастырылған. Осы технологиялық процесті іске асыру үшін, термиялық және химия – термиялық, электролитті - плазмалық өңдеулер жүргізілді. Өңдеудің мақсаты: беріктігі жоғары, тозуға төзімді және аз жұмыс тәртібін талап ететін термиялық өңдеу технологиясын жасау.

Өңдеу түрлерінің ішінен ең тиімдісі ретінде электролитті – плазмалық өңдеу түрін атап корсеттік. Электролитті - плазмалық өңдеу болаттың қаттылығын және үйкеліске төзімділігін басқа өңдеулерге қарағанда өте жақсы деңгейге дейін арттырады. Бұл өңдеудің тиімділігі: жұмыс барысы аз уақытты талап етеді және материалдың құнын әлдеқайда төмендетеді.

Зерттеу барысында электролитті – плазмалық өңдеуден өткен болаттың үйкеліске төзімділігін, үлгілерді үйкеліске төзімділікке сынайтын лабораториялық қондырғының көмегімен анықтадық. Тозуға төзімділікке сынау барысында ЭПӨ өткен болаттың беткі бөлігінде микробедер тозуға анағұрлым төзімді болса, ең жоғарғы тозу өңделмеген бастапқы болат үлгісінде байқалды.

## АННОТАЦИЯ

В дипломном проекте предусмотрена технология повышения прочности и прочности трения стального оборудования. Для реализации данного технологического процесса проведена термическая и химико – термическая, электролитно – плазменная обработка. Цель обработки: разработка технологии термической обработки высокой прочности, износостойкой и требующей малого режима работы.

В качестве наиболее эффективных из видов обработки мы указали вид электролитно – плазменной обработки. Электролитно – плазменная обработка повышает твердость стали и устойчивость к трению до отличного уровня, от других обработок. Эффективность данной обработки: процесс работы требует небольшого времени и значительно снижает стоимость материала.

В ходе исследования мы определили прочность стали, подвергшейся электролитно – плазменной обработке, с помощью лабораторной установки для испытания образцов на трение на прочность. При испытании на износостойкость ЭПО имеет более устойчивый к износу микрорельеф на поверхности пройденной стали, максимальный износ наблюдался на образце первичной нержавеющей стали.



## ABSTRACT

In the thesis project provides technology to increase the strength and friction strength of steel equipment. To implement this technological process, thermal and chemical - thermal, electrolytic - plasma treatment was carried out. The purpose of treatment: the development of high temperature heat treatment technology, wear-resistant and requiring a small mode of operation.

As the most effective of the types of treatment, we indicated the type of electrolyte - plasma treatment. Electrolyte - plasma treatment increases the hardness of steel and resistance to friction to an excellent level, from other treatments. The effectiveness of this treatment: the process requires little time and significantly reduces the cost of the material.

In the course of the study, we determined the strength of steel subjected to electrolytic - plasma treatment using a laboratory unit for testing friction specimens for strength. When tested for wear resistance, the EPP has a more resistant to wear microrelief on the surface of the steel, the maximum wear was observed on the sample of primary stainless steel.

## АНЫҚТАМАЛАР, БЕЛГІЛЕУЛЕР ЖӘНЕ ҚЫСҚАРТУЛАР

ЭПӨ	–	Электролиттік-плазмалық өңдеу
АҚ «УЗПА»	–	АҚ «Өскемен өндірістік арматура» заводы
ХТО	–	химия-термиялық өңдеу
ЭДС	–	Энергетикалық дисперсия
«ІРГЕТАС»	–	Инженерлік зертханасы
«Алтай»	–	Ғылыми-техникалық аймақ
ҚД, АДД, ЭД	–	Қолмен дәнекерлеу, Автоматты доғалы дәнекерлеу, Электрлі дәнекерлеу
ТЦӨ	–	Термоциклді өңдеу
«Axioscop - 2МАТ», «МИМ – 7»	–	Оптикалық металлографиялық микроскоптар
JSM-6390LV	–	Сканерлеушы электронды микроскоп
ИПН160/600-Ш	–	Тұрақты ток көзі
П→А	–	Перлиттың аустенитке айналуы
А→М	–	Аустениттің мартенситке айналуы
МС	–	Майлаушы салқындатқыш
ЭХӨ	–	Электрохимиялық өңдеу
«X'PertPRO»	–	Рентгендік дифрактометр
АШ	–	Алмас шеңберлері
ПГ-10Н-04, ПГ-СР2, ПС-12НВК	–	Ұнтақты қорытпа



## МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	8
1 Ғылыми мәліметтерге шолу	10
1.1 Болатты термиялық өңдеу әдістері	10
1.1.1 Болатты қыздырып өңдеу	10
1.1.2 Болатты шынықтыру және қайтару	11
1.2 Болатты өңдеу әдістері	13
1.2.1 Болатты жиілігі жоғары токпен қыздырып өңдеу	13
1.2.2 Болатты лазермен қыздырып өңдеу	14
1.2.3 Болатты химиялық-термиялық өңдеу	14
1.2.4 Болатты термиялық-механикалық өңдеу	17
1.3 Термиялық және химия-термиялық цехтардың жабдықтары	18
1.4 Болаттарды электролиттік - плазмалық өңдеу әдісі	20
1.4.1 Электролитті-плазмалық өңдеудің вольт-амперлік сипаттамасы	21
1.4.2 Электролитті- плазмалы өңдеудегі суыту мен қыздыру	24
1.4.3 Электролитті- плазмалық өңдеудегі термоциклды шынықтыру	26
1.4.4 Электролитті - плазмалық өңдеу кезінде 20Х болатының бетінде пайда болатын ақаулар	28
2 Зерттеу әдістері	31
2.1 Өңдеуге арналған материал және өңдеу әдісі	31
2.2 Зеріттеу тәсілдері мен аспаптары	32
2.2.1 Металлографиялық талдау	32
2.2.2 Болаттың қаттылығын өлшеу	33
2.2.3 Беттің кедір – бұдырлығын өлшеу	34
2.2.4 Растрлы электронды микроскопиялық талдау	35
2.2.5 Рентгенқұрылымдық талдау	36
3 Тәжірибелік бөлім	38
3.1 Электролиттік - плазмалық лабораториялық қондырғының құрылысы	38
3.1.1 Бұрғы инструментін электролитті-плазмалық өңдеу	39
3.1.2 Электролитті плазмалық өңдеуден кейін 20Х болатынан жасалған бұрғы инструментінің құрылысы мен қасиеттер	40
ҚОРЫТЫНДЫ	43
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	

## КІРІСПЕ

**Жұмыстың жалпы сипаттамасы.** Дипломдық жұмыс аз көміртекті легіріленген болаттардан жасалған тау-кен құрылғылары бөлшектерін термоциклды электролитті-плазмалық өңдеудің оптимал режимдерін анықтауға және өңдеу технологиясын жасауға арналған.

Жұмыс барысында теориялық және қазіргі заманғы тәжірибелік әдістерді (металлографиялық, растрлы электронды-микроскопиялық және рентген-құрылымдық талдау, сонымен бірге металлқорытпаларының механикалық қасиеттерін, үйкеліске төзімділігін зерттеу әдістерін) қолдана отырып, электролитті - плазмалық өңдеу (ЭПӨ) кезінде металдың бетінде керамикалық қорғаушы қабаттар құрылу ерекшеліктері зерттелді. ЭПӨ кезінде металдың беттік қабатын арнайы легірлеуге және модификациялауға болатыны көрсетілді.

Ғылыми зерттеулер нәтижесінде құрылғы бөлшектерін электролитті-плазмалық өңдеудің тиімді режимдері анықталды. Тау-кен қондырғылары бөлшектері үшін, еңбек және электр шығындарын аз талап ететін және экологиялық таза, электролитті-плазмалық өңдеу технологиясын өндіріске енгізу тиімді екені техникалық-экономикалық тұрғыдан дәлелденді.

**Зерттеудің маңыздылығы.** Отандық шикізаттардан жаңа материалдар және олардан дайын бұйымдар алудың тиімділігі жоғары технологияларын жасауға бағытталған ғылыми зерттеулер Қазақстан Республикасының инновациялық-индустриалды дамуының өзекті мәселесі болып табылады.

Даяр бұйымдар жасауға қолданылатын қорытпаларды легірлеу және модификациялау, немесе олардың беткі қабатын өңдеудің жаңа прогрессивтік технологиялары, машина және механизмдер бөлшектерінің сенімділігі мен ұзаққа төзімділігін арттыру бағытында өзекті мәселелерді шешуге мүмкіндік береді.

Бұл, машина бөлшектерінің сапасын жоғарылатуға талапты күшейту, беттік қабаттардың фазалық құрамы мен құрылысына әсер ететін жаңа әдістерді табуға ынталандырады. Атап айтқанда, қазіргі кезде бөлшектің беткі қабатына жоғары дәрежеде шоғырланған энергиямен әсер ету әдісі кең қолданыс тапқан. Олардың ішінде экологиялық тұрғыдан таза, ең тиімді, энергия үнемдеуші электролиттік-плазмалық өңдеу (ЭПӨ) әдісі болып табылады. ЭПӨ кезінде жоғары температуралық плазмада пайда болатын элементтердің иондық электр разрядының әсер ету нәтижесінде жұқа беттік қабаттың фазалық құрамы мен құрылысында терең өзгерістер орын алады. Осының нәтижесінде бөлшектердің үйкеліске төзімділігі мен қаттылығы артады.

Дипломдық жұмыста зерттеу үшін АҚ «Өскемен өндірістік арматура» заводынан «колонна жабдықтарының» бөлшектері таңдалынып алынды. Қазіргі уақытта АҚ «Өскемен өндірістік арматура» заводында 20Х болатынан жасалған бөлшектер жұмысының ұзақ мерзімділігі, абразивті және соққы-абразивті үйкеліске төзімділігі газды цементация және одан кейінгі шынықтырумен қамтамасыз етілген. Мұндай бөлшектерді өңдеу технологиясының негізгі кемшіліктері: азкөміртекті болат бұйымдардың жұмыс барысында формасының



өзгеруі, морттығы артып, термиялық жарықтардың пайда болуы, аса көп еңбек және энергия шығындарын қажет етуі. Сондықтан мұндай қондырғыларға қатысты бөлшектер үшін электролитті-плазмалық өңдеу технологиясын қолдану аса өзекті мәселе болып табылады.

**Жұмыстың мақсаты:** Мұнай қондырғысы бөлшектерінің жауапты бөлшектерінің беттік қабатының беріктігін және үйкеліске төзімділігін арттыру үшін тиімділігі жоғары, электр энергия шығыны аз және экологиялық таза электролитті-плазмалық өңдеу технологиясын жасау, аз легіріленген болаттың және алюминий қорытпаларының фазалық құрамын, қасиеттері мен құрылысын зерттеу.

**Зерттеу әдістері:** 20Х болатынан жасалған мұнай қондырғысы бөлшектерінің механикалық беріктілігі, қаттылығы мен үйкеліске төзімділігіне беткі қабатының фазалық құрамы мен құрылымының әсерін зерттеу үшін алдымен олар электролитті-плазмалық өңдеуден өткізіледі. Қорытпа үлгілерінің микро қаттылығын өлшеу МЕСТ 9450-76 стандартына сәйкес ПМТ-3 қондырғының көмегімен жүргізілді. Құрылысының жалпы сипатын зерттеу үшін, «Sony» және «МИМ - 7» сандық фотокамералары бар «Axioscop-2MAT» оптикалық микроскоптары қолданылды. Электролитті плазмада өңделген үлгінің элементтік құрамы INCAEnergy фирмасы «OXFORD Instruments» энергодисперсті микроанализді қосымшасы бар JSM-6390LV – фирмасы JEOL (Жапония) растрлы электронды микроскобында зерттелді.

Болат үлгілерінің құрылымдық фазалық талдауларын  $Cu-K\alpha$  сәулеленуін қолдана отырып, «X'Pert PRO» фирмасының «PANalytical» диффрактометрінде жүргізді.

## 1 Ғылыми мәліметтерге шолу

### 1.1 Болатты термиялық өңдеу әдістері

Термиялық өңдеу түрлеріне: жұмсарту, шынықтыру, босандату, ескіру.

Жұмсарту деп - тепе-теңдік күйге жақын құрылым түзілетін термиялық өңдеудің түрін атайды.

Қорытпаны фазалық түрлену температурасынан жоғары қыздырып, тез суытуды шынықтыру дейміз. Қорытпаны шынықтыру барысында тепе-теңсіз құрылым түзіледі. Шыныққан болатты босандату немесе ескіруден өткізу арқылы құрылымды тұрақты күйге келтіреді.

#### 1.1.1 Болатты қыздырып өңдеу

Жұмсарту деп болатты белгілі бір температураға дейін қыздырып және оны біраз ұстап тұрып ақырын салқындату процесін айтады.

Болатты жұмсарту екі жолы бар:

- 1) бірінші текті жұмсарту;
- 2) екінші текті жұмсарту.

**Бірінші текті жұмсарту.** Қорытпаны құю, қысып өңдеу, термиялық өңдеу, дәнекерлеу және басқа технологиялық үдерістерден кейін, оның құрылымы тепе-теңдік күйден ауытқуы мүмкін. Қорытпаны бірінші текті жұмсарту осы ауытқушылықты жартылай немесе толықтай жою үшін қолданылады.

Бірінші текті жұмсарту фазалық түрленіске негізделмеген. Құрылымның тепе-теңдік күйден ауытқушылығын жою үдерістері өздігінен жүреді. Қорытпаны қыздыру үдерісті жеделдету үшін керек. Сондықтан бірінші текті жұмсартуда қорытпаны межелі нүктелерден ( $A_1$ ,  $A_3$ ) жоғары немесе төмен қыздырады.

**Екінші текті жұмсарту.** Болатты белгілі бір температураға дейін қыздырып оны біраз ұстап, ақырын салқындату операцияларынан тұратын термиялық өңдеуді жұмсарту дейді.

Екінші текті жұмсартуда болатты  $A_{c1}$  немесе  $A_{c3}$  нүктелерінен жоғары қыздырып, сол температурада біраз уақыт ұстап, баяу салқындатады.

Темір-цементит күй диаграммасына сәйкес жұмсартудан кейін көміртекті болаттың құрылымы: эвтектоидке дейінгі болат құрылымы феррит + перлит; эвтектоидты болат - перлит; эвтектоидтан кейінгі болат - перлит + цементит (екінші реттік). Жұмсарту процесінен кейін болаттың қаттылығы, беріктігі төмендеп, иілімділігі жоғарылайды.

Екінші текті жұмсартудың негізгі түрлері:

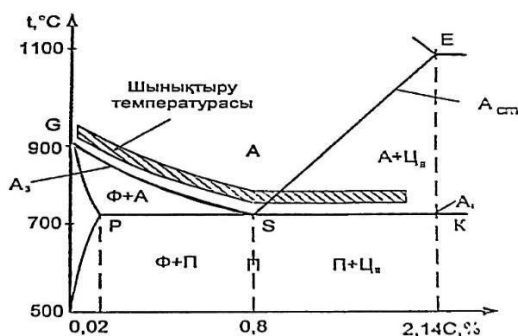
- 1) фазалық қайта кристалдану (толымды) жұмсартуы;
- 2) толымсыз жұмсарту;
- 3) изотермиялық жұмсарту;
- 4) сфералы жұмсарту;
- 5) қалыпты күйге жұмсарту.



Жұмсарту мақсаты: бірдей майда кристаллитті құрылым алу, алдыңғы өңдеуде (күю, дәнекерлеу, термиялық өңдеу, ыстықтай деформациялау) пайда болған құрылымдық кемшіліктерді жою, кесумен өңдеу алдында қаттылығын төмендету және кернеулерді азайту [1].

### 1.1.2 Болатты шынықтыру және қайтару

Болатты шынықтыру деп фазалық түрлену температурасынан жоғары қыздырып (1-сурет), осы температурада біраз уақыт ұстап, белгілі жылдамдықтан жоғары жылдамдықпен тез суыту процесі.



1 Сурет - Көміртекті болатты шынықтыру кезіндегі қыздыру температурасы

Болатты шынықтырудың мақсаты: қаттылығы мен беріктігін арттыру. Қыздыру температурасына қарай шынықтырудың екі түрі: 1) толымды; 2) толымсыз.

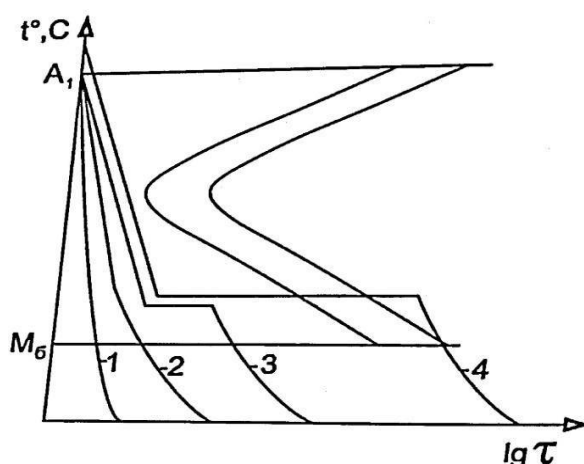
Эвтектоидке дейінгі болатты  $A_{с3}$  нүктесінен 30-50 С жоғары қыздырып, біраз ұстап, межелі жылдамдыққа тең не үлкен жылдамдықпен суытуды толымды шынықтыру деп айтады.

Құрылымы перлит пен цементиттен (екінші) тұратын эвтектоидтен кейінгі көміртекті болатты  $A_{с1}$  нүктесінен жоғары қыздырғанда, перлит аустенитке түрленіп, құрылым аустенит пен цементиттен (екінші) тұрады (1-сурет). Тез суытқан кезде аустенит мартенситке түрленіп, шыныққан болат құрылымы мартенсит + цементит (екінші) болады.



2 Сурет - Шынықтыруға дейінгі (а) және шыныққан (б) болат (0,45 С) құрылымдары

**Шынықтыру тәсілдері.** Болат құрамы, бөлшек пішіні мен өлшеміне байланысты шынықтыру тәсілі таңдалады (3 - сурет):



3 Сурет -. Болатты шынықтыру тәсілдері

- 1) ағынды шынықтыру
- 2) шынықтыру температурасына дейін салқындатып шынықтыру;
- 3) өздігінен босандатып шынықтыру;
- 4) бір суытқыш ортада шынықтыру;
- 5) екі суытқыш ортада шынықтыру;
- 6) сатылы шынықтыру;
- 7) изотермиялық шынықтыру.

Бір суытқыш ортада шынықтырғанда, белгілі бір температураға дейін қыздырылған бөлшекті суытқыш сұйық ортаға малу арқылы толықтай дерлік суытады (3-сурет, 1). Диаметрі 5мм-ден үлкен көміртекті болат бөлшектерді суда, ал мөлшері одан кіші бөлшектерді майда суытады. Қоспаланған болат бөлшекті майда суытады. Ішкі кернеулерді азайту мақсатымен кейде бөлшекті шынықтыру сұйығына малудан бұрын, ауада біраз салқындатып алады. Бірақ конструкциялық болат үшін температура  $A_{r3}$ -тен төмен, аспаптық болат үшін  $A_{r1}$ -ден төмен болмауы керек.

**Шынықтыру ақаулары.** Болаттың шынықтырудан кейінгі негізгі ақауларына жатады:

- 1) қаттылықтың төмен болуы;
- 2) болат бетінде жұмсақ жерлердің болуы;
- 3) болат морттығының жоғарылауы;
- 4) болат бетінің тотығуы және көміртегісізденуі;
- 5) бұйымның деформациялануы және шалыстығы;
- 6) жарықшақтың пайда болуы.

Шынықтырудан кейін қаттылықтың төмен болуы болатты қыздыру температурасының немесе суыту жылдамдығының төмендігінен.

Болатты аса қыздырғанда, ірі кристаллитті аустенит қалыптасып, одан ірі инелі мортты мартенсит құрылады. Ақауды жою үшін болатты қайта қалыпты шынықтырудан өткеру керек.

Қыздыру кезінде болат бетінің тотығуы мен көміртегісізденуі оның қаттылығын, беріктігін және тозуға төзімділігін төмендетеді. Ақауды болдырмау үшін болатты бақыланатын (қорғағыш) атмосфералы пеште немесе астау-пеште қыздыру керек.

**Шыныққан болатты суықпен өңдеу.** Жоғары көміртекті болаттар мен көптеген қосындылы болаттардың мартенситтік түрленуі соңындағы температура ( $M_c$ )  $0^\circ\text{C}$ -дан төмен. Сол себепті бұл болаттардың құрылымы шынықтырудан кейін мартенситпен қатар біраз қалдық аустениттен тұрады. Қалдық аустенит бұйым (бөлшек) өлшемінің өзгеруіне, болаттың магниттік қасиетінің, қаттылығының және т.б. қасиеттерінің төмендеуіне әсер етеді. Сондықтан шыныққан болатты  $40$ -тан  $-196^\circ\text{C}$  аралығында суықпен өңдейді. Шыныққан болатты суықпен өңдеудің мақсаттары:

- 1)  $M_c$  температурасына дейін салқындатып, қалдық аустенитті мартенситке түрлендіру;
- 2) бұйымның өлшемдерін тұрақтандыру;
- 3) кескіш құрал-сайманның, штамптың және өлшеуіш аспаптардың қаттылығы мен тозуға төзімділігін арттыру;
- 4) тұрақты магниттің магниттік қасиеттерін жоғарылату [2].

## **1.2 Болатты беттік өңдеу әдістері**

Тісті дөңгелек, білік және т.с.с. үйкеліс жағдайында жұмыс істейтін бөлшектің, бұйымның конструкциялық беріктігі беткі қабатының құрылымына байланысты. Болаттың беткі қабатын беріктендірудің бір әдісі - беттік шынықтыру. Беттік шынықтыру үшін бөлшек бетін шынықтыру температурасына дейін жылдам қыздырып, тез суытады. Беттік шынықтырудың негізгі тәсілдері:

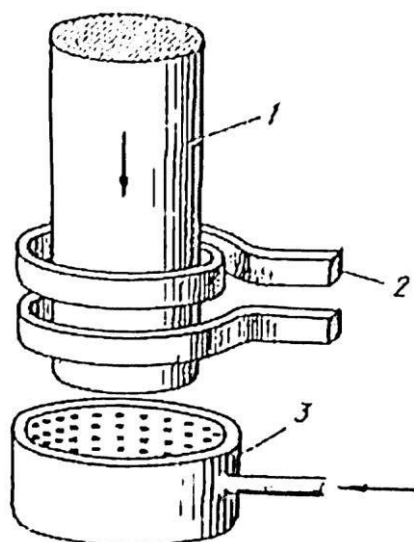
- 1) жиілігі жоғары токпен индукциялық қыздыру,
- 2) газ жалынымен қыздыру;
- 3) сәулемен қыздыру (электрондық-сәулелік, лазерлік).

Болатты беттік шынықтыру тәсілдерінің ішіндегі ең көбірек қолданылатыны - жиілігі жоғары токпен қыздырып шынықтыру.

### **1.2.1 Болатты жиілігі жоғары токпен қыздырып өңдеу**

Жиілігі жоғары ток өтетін (4-сурет) мыс индуктордың ішіне (2) болат стержень (1) орналастырсақ, айнымалы электр-магнитті өріс пайда болып, Фуко құйынды тогы стержень беткі қабатын қыздыра бастайды.

Индукциялық шынықтырудан кейін болат қимасының құрылымы сыртынан өзегіне қарай мынадай: шыныққан қабат - мартенсит, ауыспалы қабат - мартенсит + феррит, өзегі - болаттың алғашқы құрылымы.



4 Сурет - Болатты индукциялық қыздырып шынықтыру сұлбасы

### 1.2.2 Болатты лазермен қыздырып шынықтыру.

Лазер деп аталатын жарық генераторлары (кванттық генератор) қорытпаларды термиялық өңдеу үшін қолданыс табуда. Термиялық өңдеу үшін қолданылатын лазерлік қондырғының қуаты - 0,5-5 кВт.

Лазермен өңделген жоғары көміртекті болаттардың (У8, У10, ШХ15 және т.б.) қаттылығы - Н1000-1100. Перлитті сұр, соғылма және беріктігі жоғары шойындардың лазерлік беттік беріктендіруден кейінгі қаттылығы - Н750-900.

Лазерлік өңдеудің құрылымдық ерекшеліктері:

- 1) аустениттің кристаллиті ұсақ;
- 2) көміртегі аустенит пен мартенситтің микрокөлемдерінде біркелкі таралмайды;
- 3) қалдық аустениттің мөлшері жоғарылау;
- 4) дисперсиялы карбид бөлшектері түгелдей еріп үлгермейді.

Лазерлік беттік шынықтырудың артықшылықтары:

- 1) пішіні күрделі бұйымдарды шынықтыру мүмкіндігі;
- 2) қыздыру уақыты өте аз;
- 3) бұйымның беттік тотығушылығы төмен;
- 4) бұйымның деформацияланбауы.

### 1.2.3 Болатты химиялық-термиялық өңдеу

Химиялық-термиялық өңдеу деп болаттың беткі қабатын әртүрлі элементтермен (көміртегі, азот және т.б.) жоғары температурада сыртқы ортадан диффузия арқылы қанықтыру үдерісін айтады. Мақсаты - болат бетін беріктендіру және коррозияға беріктігін арттыру.

Химиялық-термиялық өңдеу үдерісінде бөлшек қабатының химиялық құрамы, құрылымы және қасиеті өзгереді. Жоғары температурада сыртқы



ортамен (қатты, сұйық, газ) әрекеттесуден болат беткі қабатының химиялық құрамы өзгерсе, сонымен қатар бөлшек қабатының фазалық құрамы және құрылымы өзгереді.

Химиялық-термиялық өңдеу үдерісі үш кезеңнен тұрады:

- 1) диссоциация;
- 2) адсорбция;
- 3) диффузия.

Диссоциация - жоғары температурада сыртқы ортадан қанықтырушы элементті (көміртегі, азот, бор және т. б.) атомдық күйде алу.

Адсорбция - қанықтырушы элементтің болат бетімен жанасып сонда еруі.

Диффузия - қанықтырушы элементтің болат қабатына енуі.

**Азоттандыру.** Азоттау өнімнің беткі қабатын азотпен қанықтыру нәтижесінде температураны, шаршау беріктігі мен коррозияға төзімділігін арттыруға бағытталған. Азоттың және терең енудің қабылданған саны пайдаланылған азоттау әдісіне қатты тәуелді. Жұмыс қабатының максималды қалыңдығы шамамен 0,6 мм.

Тот баспайтын және ыстыққа төзімді болаттардың азоттау температурасы 750-1100 ° С дейін артады. Электр кедергісімен (тікелей ток өткізумен) қыздыру кезінде, жоғары температура кезінде азот уақытын айтарлықтай азайтады және Х10Сr13 болатының қабатының қалыңдығы 10 минут ішінде 0,35мм ге жетеді. Ыстыққа төзімді болаттар жағдайында, оларды азотпен 680 С қа дейін қайнатады.

**Болатты цементациялау.** Болат бөлшектің беткі қабатын көміртегімен диффузиялық қанықтырудың технологиялық үдерісін цементациялау деп атайды. Мақсаты - бөлшек беткі қабатының қаттылығын және тозуға төзімділігін арттыру.

Цементациялау үшін көбінесе төменгі көміртекті (0,10-0,18%) болаттар қолданылады. Бірақ үлкен бөлшектерді цементациялау үшін көміртегі мөлшері 0,2-0,3% болаттар да пайдаланылады. Цементацияланатын бөлшектер (тісті дөңгелек, төлке, саусақша, жұдырықша және т. б.) кәдімгі сапалы (Ст1, Ст2, Ст3) және сапалы (маркасы 10, 15, 20) көміртекті болаттармен қатар қоспаланған болаттардан (15Х, 20Х, 18ХГТ, 19ХГН, 12ХНЗА, 20ХНЗА, 25ХГТ, 25ХГМ, 30ХГТ және т. б.) жасалады.

Цементацияланған бөлшек беткі қабатының көміртегі мөлшері, негізінен, 0,8-1,0% болса, ортасына қарай азайып, өзегі төменгі (0,1- 0,3%) көміртекті.

**Қатты карбюризаторда цементациялау.** Қатты цементация бәрінен бұрын ұсақсериялы ремонтты жұмыстарда және біртекті өндірісте шет елдік фирмалар және отандық заводтарда тұрақты қолданыста. Бұл ірі кемшілік тұстарырына қарамастан ол 1 кестеде көрсетілген артықшылықтарға ие болуымен түсіндіріледі. ХТӨ-дің бұл түріне кенет мұнай химия өнімдерінің және газ бағалары жоғарылауына байланысты көп назар аударылуы керек.

Арнайы ұнтақ қоспалар–карбюризаторлардың міндетті түрде: жеткілікті активті қанықтыруға; көп қолданыстан кейінгі активтілікті сақтауға ие; тозақ пайда болуынан және бөлшектердің ұсақталуының минимум дәрежесіне жететін

немесе жоғатын беріктікке; байқалмайтын отыру сияқты қасиеттерге ие болуы тиіс.

Барлық карбюраторлар құрамын әртүрлі түрдегі көмір құрайды: ағаштық, тасты.

1 Кесте - Қатты карбюратордағы цементацияның артықшылықтары мен кемшіліктері

Артықшылықтары	Кемшіліктері
Әмбебаптылығы.	Жоғары еңбексыйымдылығы.
Қарапайымдылығы.	Жоғары энергия сыйымдылығы (карбюратор мен жәшіктерді қыздыру қажеттілігі).
Жұмысшылардың төмен біліктілігі.	
Қарапайым термиялық қондырғысы.	Өңделудің ұзақтылығы.
Жоғары өлшемді бөлшектердің терең тесіктерін өңделу мүмкіндігі.	Қабат қалыңдығының және көміртегінің концентрациясының басқарудың қиындылығы.
Бөлшектерді селективті беріктендіру қажеттілігінің қарапайымдылығы.	Цементацияланған жәшіктердің сатысыз шынықтырылуының мүмкін еместігі және шынықтыру үшін қайта қыздырудың қажеттілігі.
Бөлшектің жоғары қаттылыққа ие болмауы керек болатын жақсы өңделетін аймақтарын жасау	
-	Жәшіктер үшін ыстыққа төзімді материалдардың үлкен шығыны.
-	Еңбектің нашар санитарлы- гигиеналық жағдайда болуы.

**Болатты циандандыру.** Болат бөлшек бетін көміртегі және азотпен бір мезгілде жоғары температурада диффузиялық қанықтыру үдерісін циандандыру деп атайды.

Циандалған болат бетінің қаттылығы және тозуға төзімділігі жоғары, сонымен қатар қажу беріктігі және коррозияға төзімділігі артады.

Сыртқы ортаға байланысты циандандыру екі түрге бөлінеді:

- 1) сұйықта циандандыру;
- 2) газда циандандыру немесе нитроцементациялау.

**Сұйықта циандандыру.** Болат беткі қабатын балқыған циан тұздарында көміртегі және азотпен бір мезгілде жоғары температурада диффузиялық қанықтыру үдерісін сұйықта циандандыру деп атайды.

Болатты сұйық ортада циандау үшін құрамында NaCN бар балқыған тұз астау-пеш қолданылады. Үдеріс температураға байланысты екіге бөлінеді:

- 1) орташа температуралық циандандыру;
- 2) жоғары температуралық циандандыру.

Орташа температуралық циандау құрамында 20-25% NaCN, 25-50% NaCl және 25-50% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> бар сұйық ортада 820-860 С-да жүргізіледі. Циандандыру үшін 0,3-0,4% көміртегі бар болаттар қолданылады.

**Нитроцементациялау.** Болатты нитроцементациялаудың сұйықта циандандырудан өзгешелігі - үдерістің газды ортада өтуі. Көміртегі және азотпен қанықтыру үшін, аммиак пен құрамында көміртегі бар газ (метан) қолданылады.

Нитроцементациялау үдерісінде қолданылатын газды ортаның құрамы төмендегідей: аммиак молшері 3-35%, метан -- (10-40%), қалғаны - эндогаз. Газ құрамының мұндай өзгерімділігі алынатын диффузиялық қабаттың қасиеті мен сапасына әсерін тигізеді.

Болатты нитроцементациялаудың екі түрі бар:

- 1) жоғары температуралық нитроцементациялау;
- 2) төменгі температуралық нитроцементациялау.

Жоғары температуралық нитроцементациялау бөлшектерді цементациялаудың орнына қолданылуда. Үдеріс температурасы - 840-950С. Болатты нитроцементациялаудың, цементациялаумен салыстырғанда, артықшылықтары бар:

- 1) қаттылығы жоғарылау;
- 2) тозуға және коррозияға төзімділігі жоғарылау;
- 3) өнімділігі жоғары;
- 4) бөлшектің деформациялануы аздау.

Төменгі температуралық нитроцементациялауда тез кескіш Р9, Р12, Р6М5 және т.б. болаттардан жасалған бұрғы, ұңғы, ұңғуыш және т.с.с. кескіш құралдарды өңдейді. Нитроцементациялау үдерісі 25% аммиак пен 75% табиғи газдан тұратын ортада 540-560 С-та жүргізіледі. Болат бұйымды 45-60 минут газды ортада ұстаған кезде, қалыңдығы 0,02-0,04 мм, қаттылығы HV 1100-ге дейін беріктендірілген қабат алынады [4].

#### **1.2.4 Болатты термиялық-механикалық өңдеу**

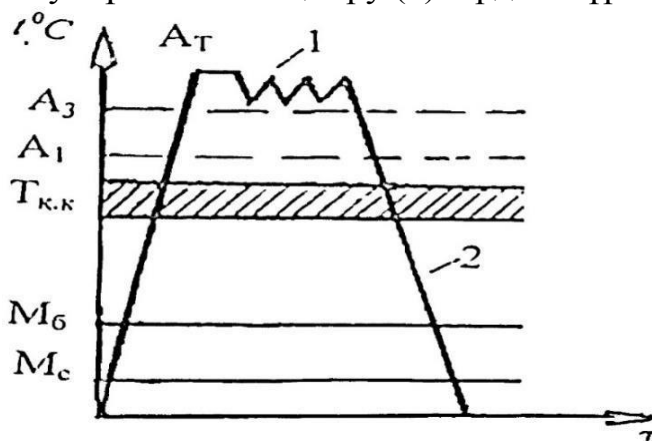
Термиялық-механикалық өңдеу деп аустениттік күйдегі болатты деформациялап, шынықтыру мен төменгі босандатудан өткеруді айтады.

Термиялық-механикалық өңдеуде екі беріктендіру механизмі -аустениттік күйдегі болатты пластикалық деформациялау және шынықтыруды бір технологиялық үдерісте біріктіріп жүргізеді. Орташа көміртекті қосындылы болаттарды (30ХГСА, 40ХН, 40ХНМА, 38ХНЗМА және т.б.) осындай комбинациялық беріктендіруден кейін, олардың беріктік шегі артып (2000-2800 МПа), пластикалық қасиеттері мен соққы тұтқырлығы жоғарылайды.

Аустениттік күйдегі болатты қайта кристалдану температурасынан жоғары немесе төмен деформациялауға байланысты термиялық-механикалық өңдеу тиісінше екіге бөлінеді:

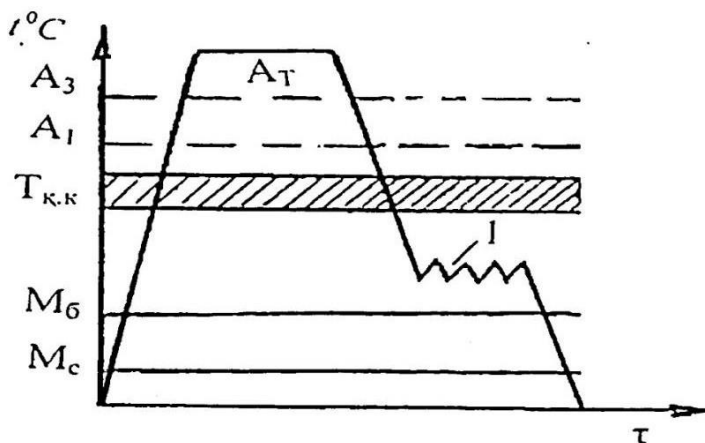
- 1) жоғары температуралық термиялық-механикалық өңдеу;
- 2) төменгі температуралық термиялық-механикалық өңдеу.

Жоғары температуралық термиялық-механикалық өндеуде болат деформациясы  $A_{C3}$  нүктесінен жоғары жүргізіліп (1), аустениттің қайта құристалданғы орын алмауы үшін шынықтыру (2) бірден жүргізіледі (5-сурет).



5 Сурет - Жоғары температуралық термиялық-механикалық өндеу сұлбасы

Төменгі температуралық термиялық-механикалық өндеуде болат деформациясы аустениттің тұрақтылығы жоғары температураларында (400-600С), қайта кристалдану және мартенситтік түрленіс басталу температураларының арасында ( $T_{,,}$ -  $M_6$ ) жүргізіп (6-сурет), шынықтырады (2). Термиялық-механикалық өндеудің екі түрі де болатты төменгі босандатумен (100-200%С) аяқталады.



6 Сурет - Төменгі температуралық термиялық-механикалық өндеу сұлбасы

Термиялық-механикалық өндеу тәсілінің ішіндегі тиімдірегі жоғары температуралық термиялық-механикалық өндеу болып есептеледі.

### 1.3 Термиялық және химия-термиялық цехтардың жабдықтары

Жоғары сапалы бұйым мен бөлшектер шығаруда термиялық және химия термиялық өндеу үдерістерінің құрал-жабдықтарын дұрыс таңдап алудың маңызы зор. Осы цехтарда қолданылатын құрал-жабдықтар үш топқа бөлінеді:

- 1) негізгі;



2) қосымша;

3) қосалқы.

Негізгі жабдықтар қорытпаның термиялық өңдеу операцияларын орындау үшін пайдаланылатын пеш, қыздыру қондырғылары және суыту құрылғыларынан тұрады. Қосымша жабдықтарға бөлшекті түзету және тазалау құрал-жабдықтары (түзету пресі, батыра ағынды аппарат, жуу машинасы және т.б.) жатады.

Қосалқы жабдықтарға карбюратор және бақыланатын атмосфера даярлайтын қондырғылар, шынықтыру сұйықтарын салқындататын құрылғы, көтеру және тасымалдау құралдары және т.б. жатады. Қыздыру ортасына байланысты бақыланатын атмосфералы пеш, балқытылған тұзды және металды астау-пеш болып бөлінеді.

Пештер мен қыздыру қондырғылары үш топқа бөлінеді:

1) механикаландырылмаған мерзімді жұмыс істейтін (камералық, шахталық, астау-пеш);

2) механикаландырылып мерзімді жұмыс істейтін (астауы жылжымалы камералық, астау-пеш, қалпақты, элеваторлы);

3) механикаландырылып үздіксіз жұмыс істейтін (карусельді, барабанды, итермелі, конвейерлі, агрегаттар және т.б.).

Ұсақ және орташа бөлшектерді жекелей немесе сериялы өндіруде электр қуаты немесе газбен қыздырылатын камералық пештер қолданылады.

Қазіргі кезде термиялық және химиялық-термиялық өңдеудің әр алуан түрін (жұмсарту, шынықтыру, қалыпты күйге жұмсарту, цементациялау, және т.б.) жүргізу үшін кеңірек тарағаны камералық пештің негізінде жасалған агрегаттар. Пеш жұмысы механикаландырылып, автоматтандырылған, электр қуатымен қыздырылады. Агрегат құрамына газ даярлайтын қондырғы және газ құрамы мен шығынын реттеу жүйесі т.б. кіреді.

Ұзын, әрі үлкен бөлшектерді (білік, тісті дөңгелек және т.б.) термиялық өңдеу үшін электрлі немесе газбен қыздырылатын, жұмыс кеңістігі ауа немесе бақыланатын атмосфералы шахталы пештер қолданылады.

Әртүрлі құралдарды өңдеу үшін тұзды астау-пеш қолданылады. Сонымен қатар термиялық және химия-термиялық цехтарда өңдеу операцияларын жүргізу үшін вакуумдық, индукциялық қыздыру, қайнау қабатты және т. б. пештер қолданыс таба бастады [5].

## 1.4 Болатты электролиттік - плазмалық өңдеу әдістері

Көптеген машина бөлшектердің жұмыстары мен механизмдері үздіксіз үйкеліс жағдайында жүреді. Түйіндес беттердің өзара әсерлесуі ұстасу мен киліккіштер пайда болуына алып келеді, ал бұл соңғы нәтижеде жұмыс істеуші жүйенің қатардан шығуына себеп болады.

Қаттылық пен тозуға төзімділік арасында тура тәуелділіктің болуы беткі қабаттың қаттылығының артуымен тозуды азайтуға мүмкіндік берді, сондай-ақ беткі қабаттың физикалық-химиялық қасиеттері де үлкен маңызға ие. Машина бөлшектерінің түрлі химия-термиялық өңдеу әдістеріне қарамастан, анағұрлым энергия үнемдегіш, өнімділігі жоғары, экологиялық таза өңдеу әдісін табу маңызды тапсырма болып отыр.

Бұйымның беткі қабатын қыздырудың электролитті-плазмалық технологиясы 50 жылдан бері белгілі. Бұл технология бұйымның беткі қабатының қасиетін өзгерту мүмкіндігімен ерекшеленеді. Электролитті-плазмалық технологияда электр энергиясын бұйымға беру металл анодтан электролит және плазма қабаттары арқылы жүзеге асады. Плазма қабаты сұйық электрод пен бұйымның электрөткізгіш беткі қабаты арасындағы саңылауда электролит материалынан құралады. Сұйық электрод ретінде су негізіндегі электролит қолданады. Электролит құрамы мен электрлік режимдерді сәйкес таңдау өңдеу технологиясының көптүрлілігін қамтамасыз етеді.

Машинажасауда сенімділік, шығарылған бұйымның дәлдігі бұйымның және сонымен қатар жеке технологиялық процестердің дайындалу сапасымен анықталады. Заманауи машиналарға тозуға төзімділік, коррозияға тұрақтылық, жылуға тұрақтылық бойынша қойылатын жоғары талаптар ЭПӨ әдісімен қамтамасыз етілуі мүмкін.

Металл материалдарды электролитті-плазмалық өңдеу өндіріске белсенді түрде енгізіліп келе жатқан беттік беріктендірудің тиімді әдістерінің бірі болып табылады. А.Д. Погребняк, Н.Тюрин, және т.б. жұмыстарында өңделетін нысандар ретінде дизель қозғалтқыштарының шойын гильзалары қолданылды. Өңдеуді гильзаның ішкі беткі қабатына жүргізген. Бұл кезде жылу қуатының тығыздығы  $0,6 \cdot 10^4$  Вт/см<sup>2</sup> дейін өзгерген. 30 с қыздыру және қайта қосудың бес циклынан кейін электр потенциалын қайта қосты және үлгінің қыздырылған қабатының суытылуын электролит ағымымен жүзеге асырды. Өңдеудің бұл түрінің негізгі артықшылықтары: 85% жететін жоғарғы ПӘК, улы электролиттер мен қосылыстардың қолдануынсыз қарапайым құрылғыда жұмыс жасау мүмкіндігі болып табылады. Беріктенген қабаттардың тереңдігі – 3 мм дейін, ал максималдық қаттылық  $H_v(7000$  МПа дейін) беріктенген қабаттың 1-ден 2.5 мм дейінгі тереңдігінде бақыланады. ЭПӨ технологиясымен алынған қабаттың көпфункционалдығы бөлшектің беткі қабатында белгіленген қасиетті қамтамасыз етеді, сонымен қатар құрастыру бөлімінде де, өндіріс және эксплуатация кезінде де бөлшектің технологиялықлығын арттырады.

Ірі габаритті иінді біліктерді беріктендіруде электролитті-плазмалық технологияны өндірістік қолдану нәтижелерінің талдауы технологияның

энергиялық үнемді және экологиялық таза екендігін көрсетті, 70-80% электр энергиясы бұйымды тұтастай қыздырмастан, тек беткі қабат аймақтарын қыздыруға жұмсалады. Білік мойнының беріктенген беткі қабатының пішіні қыздырғыштың шығу қақпағы конфигурациясымен анықталады., ал беріктенген қабаттың қалыңдығы өңдеу уақытымен анықталады. Беткі қабаттың шынықтырылған аймақтары бұйымның беткі қабатында қысу кернеуін тудырады, сосын абразивті өңдеуден кейін иінді білік мойнының гидродинамикалық жаққыш майын қамтамасыз ететін арнайы бүдір түзеді. Беткі қабаттың өңделмеген аймағы кернеу релаксациясын қамтамасыз етеді. Электролитті-плазмалы беріктендіру білік мойнының беріктенген қабатында беріктендіргіш өңдеуден кейін білікті қалпына келтіруге кететін шығын мөлшерін төмендететін минималды кернеуін қамтамасыз етеді.

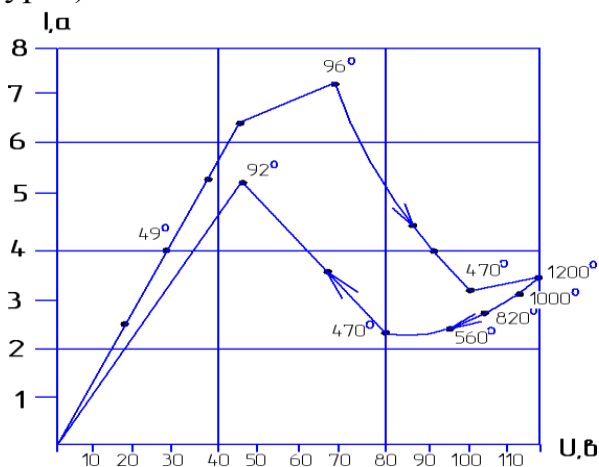
#### **1.4.1 Электролитті - плазмалық өңдеудің вольт - амперлік сипаттамасы**

О.И. Хомутова, Г.В. Плеханова, және т.б. еңбектерінде металл электродтарды электролитті-плазмалы қыздыру механизмін зерттеу мәселесі қойылған. Бұл тапсырманы орындау үшін белсенді электрод арасында, электролитте, стационарлы қыздыру деңгейі кезінде электродта электрлік разрядтың вольт-амперлік сипаттамасына зерттеулер жүргізілген. Диаметрі 0,5, ұзындығы 5 см болатын және өсі бойынша орналасқан тесік диаметрі 0.3 және тереңдігі 4,8 см болатын коррозияға төзімді болаттан жасалған орталық электродқа электрод температурасын өлшеу үшін хромель- алюминийлі термопара орнатылған. Термопара дәнекерінің диаметрі – 0,15 см.

Электродтың электролитке батыру тереңдігі тәжірибелер барысында 0,2-0,6 см диапазонында өзгеріп отырды. Диэлектрлік экранға орнатылған, диаметрі 0,02 см құрайтын хромель копельден жасалған екінші термопара, электролитте электрод бетінен 0,2 см қашықтықта орын алған жалаң дәнекерге ие.

Оның көмегімен электролит температурасы өлшенді. Термопара көрсеткіштері КСП-4 патенциометрлерінің көмегімен тіркелді. Термопара градус реттегіші термостатта ыстық дәнекерлерді қыздыру жолымен тексерілді: бірінші жағдайда көрсеткіш 1273 К дейін, екінші жағдайда 373 К. Потенциалдың электролитте орналасуы электролитке 0.2 см тереңдікке батырылған диаметрі 0.06 см вольфрамнан жасалынған қозғалмалы электрлік зонд көмегімен өлшенді. Ол белсенді электродпен жанасқан кезден бастап сыртты электродқа дейін микрометрлік винт көмегімен орын ауыстырды. Өлшеу схемасы зонд пен кез келген электродтар арасындағы потенциалдар айырымын тіркеуге мүмкіндік берді. Бұл ішкі кедергісі  $> 100 \text{ К} \cdot \text{Ом}$  болатын Р-386 санды вольтметрмен жүзеге асты. зондтау нүктесіндегі электролит температурасын өлшеу үшін зонд жанында термопара орнатылды. Барлық тәжірибелерде электродтардағы кернеулер мен олардың арасындағы токтың орташа күші 0,5 класына жататын тілшелі приборлар көмегімен тіркелді. Кернеу секірмелі түрде 5-10 В интервалында өсіп отырды. Әр кернеу шамасы үшін термопараның

стационарлы жетістіктер көрсеткіштері бақыланып, барлық өлшеулер жүргізілгеннен кейін тағы да кернеу өлшенді. Қыздырудың негізгі өлшеулері соданың сулы ерітіндісінде  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (15% масса бойынша) жүзеге асты. Содалы электролиттегі вольт-амперлік сипаттамалар бойынша бес аймақты бөліп қарастыруға болады (7-сурет).



7 Сурет - Белсенді катод кезіндегі электрлік ұяшықтардың вольт-амперлік сипаттамалары

Ток шамасы берілген кернеуге пропорционал болып табылатын бірінші аймақ, 40-50В кернеуге дейін төмендейді.

Жылу мен электр тогының алмасуы энергияның алмасуы болып табылады. Жылу тасымалдағышы кез келген затты жүйе болуы мүмкін: атомдар, молекулалар, молекулалы комплекстер, гидродинамикалық ағымдар мен фотондар. Электромагнитті сәулеленуді жылу тасымалдағыш ретінде қарастырғанда, жылулық энергияның тамалдануы электромагнитті энергия көмегімен жүреді деп есептеледі, бұл процесс кезінде екі рет өзара алмасу жүреді, яғни алдымен жылулық электромагниттікке, кейін керісінше.

Металдарда электр тогының тасымалдануы еркін электрондар арқылы жүзеге асады; ионды өткізгіштерде – иондармен; жартылай өткізгіштерде – электрондар және кемтіктермен [7].

Заттардың тасымалдануы кезінде де түрлі тасымалдағыштар қатысады. Мысалы, газ тәрізді ортада су буының диффузиясы кезінде тасымалдау бөлек молекулалар немесе молекулярлы комплекстер, немесе гидротермодинамикалық ағымдар көмегімен жүреді.

Жылудың тасымалдануы кезінде тасымалданушы субстанция болып энтропия табылады; электр тогының тасымалдануы кезінде – заряд; заттардың тасымалдануында – масса.

Тасымалдаудың кез келген түрі бірдей түсініктермен сипатталады: өріспен, ағыммен, кедергімен. Ағымның кейбір аймағындағы потенциалдардың толық айырымының оның салдарынан пайда болған толық ағымға қатынасы үйкеліс коэффициенті немесе ағым кедергісі деп аталады. Берілген аймақ бойынша ағымның тасымалдану құбылысының кең класы үшін аймақтың



басында және соңында ұсынылған потенциалдар айырымына пропорционал; басқаша айтқанда, кедергі немесе үйкеліс коэффициенті бұл жағдайда ағым тығыздығы шамасына тәуелді емес.

Нақты жағдайда жылу алмасу күрделі процесс болып табылады. Оның зерттелуінің жеңілдетілуі және қарапайымдылығы үшін жылу алмасудың элементарлы түрлерінің түсініктері енгізіледі – жылуөткізгіштік, конвекция және сәулелі жылу алмасу.

Жылуөткізгіштік кезінде жылу тасымалы дене бөлшектерінің диффузиясы есебінен жүреді, сондай-ақ заттың толық массасының макроскопиялық қозғалыссыз күйі кезінде олардың кристалдық торының серпімдітербелістері – фонондар есебінен жүреді. Жылу тасымалдануының анағұрлым анық көрінісін қатты денелерде және сұйық пен газдың батпақты қозғалыссыз қабаттарында бақылауға болады. Металдар мен жартылай өткізгіштерде жылу алмасу еркін электрондардың диффузиясы есебінен, сонымен қатар кристалдық тордың серпімдітербелістері есебінен жүзеге асады, яғни жылуөткізгіштік. Металдарда екінші, берілген аз, жартылай өткізгіштерде ол көбірек, ал диэлектриктерде негізгі болып табылады.

Конвекция кезінде жылу тасымалдануы заттың толық массасының еркін немесе еріксіз макроскопиялық қозғалысы есебінен заттың тасымалдануымен бірге жүреді. Сондықтан конвекция сұйықтар немесе газдарда ғана мүмкін болады. Еркін қозғалыс сұйықтың қыздырылған немесе суық бөліктерінің тығыздығының айырымы әсерімен жүзеге асады, ал еріксіз қозғалыстар – компрессорлар, желдеткіштер, т.с.с. көмегімен тудырылатын сыртқы күштер әсерімен жүзеге асады.

Қатты дене мен сұйық арасындағы жылу алмасу (мысалы, құбыр қабырғасы) қабырғадан алыс орналасқан сұйық массасында конвекциямен және конвекциялы жылуөткізгіштікпен жүзеге асады. Жылу алмасудың мұндай түрі конвекциядан өзгешелігі, конвективті жылу беру деп аталады.

Дененің сәулеленуіндегі жылуалмасуда олар бір бірімен үйкеліспейді және әртүрлі температура болғанда олардың арасындағы жылудың берілуі электромагнитті энергия арқылы жүреді. Екі еселік энергия айналуы жүреді.

Жылу алмасудың көрсетілген үш түрінен әртүрлі сәйкестік болуы мүмкін. Әрдайым нақты жағдайларда орын алатын мұндай қиын жылу алмасу жылу берілу деп аталады.

Егер де жылуөткізгіштік, сәулешығарғыштық коэффициенттерінің, сонымен қатар молекулалық диффузия коэффициенті анықталуы металдардың және олардың күйлерінің әртүрлі тұрақты қасиеттеріне байланысты қиындық тудырмаса, ал көптеген қиын қарастырылатын факторлардан (сұйықтықтың қозғалу тәртібі, олардың қасиеттері мен жылдамдықтары, беткі қабатының күйі, геометриялық формалары және т.б.) тәуелді масса берілу және жылу берілу коэффициенттерін анықтау өте қиын тапсырма. Сондықтан белгілі бір жағдайлардағы типтік модельдегі тәжірибелерге жүгінуге тура келеді.

Эксперимент нәтижелерінің бір объекттен(модельден) екінші(реальды) ауысу мүмкіндігін негіздейтін түсініктер мен заңдардың жүйесі ұқсастық теориясы деп аталады.

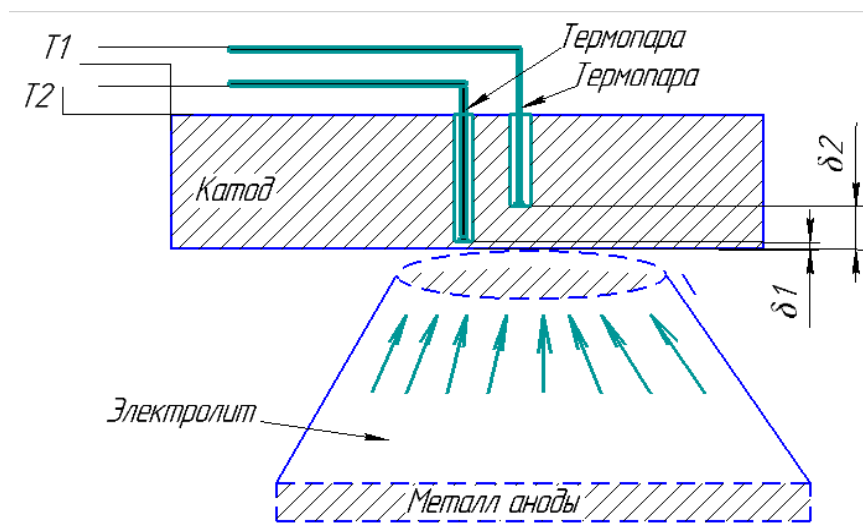
Жылу балансы туралы алынған мәліметтер мынадай қорытынды шығаруға рұқсат береді: белсенді көміртегінің жылулық тәртібі негізінде екі процесс нәтижесінде: одан өтетін электр токтарының қыздырылуы( электр өрісімен жылдамдатылған зарядталған бөлшектердің ендірілуі) және айналасындағы электрлиттің қайнаудағы жылу берілісі. Сонымен қатар қайнауың әртүрлі көбік тәрізді, өнген пленкалы қайнау тәртібіне өтетін сияқты тәртіптері қойылады.

Әрі қарайғы жылу тығыздығының кернеуін жоғарылатқанда, токтың кейбір түсуіне қарамастан электрод жоғарылайды. Вольт- амперлік сипаттамаларының айырмашылықтарының нәтижесінде катодтағы қыздыру төмен кернеулерде (120 В) басталады, және анодтағы процеске қарағанда дәреже аймағы төмен кернеулерде қыздырусыз ақ жүреді. Бұл жағдайда кернеуді (190 В дейін) көтеру қажет, содан кейін ғана анодта секірмелі түрдегі қыздыру пайда болады. Бұл жылу ағынының секірілімділігінің критикалық тығыздығын арттырған кезде, қайнауың пленкалық тәртібі орнатылады, жылу беру коэффициенті түседі, және электрод пленкалық қайнауға сәйкес келетін температураға дейін қызады. Бұл жағдайда кернеуді жоғарылату керек (до 190 В), және содан кейін ғана осыдан кейін ғана анодты қыздыру секірмелі түрде болады. Бұл жағдай секірмелі ағындағы жылулық критикалық тығыздықты жоғарылатқанда, қайнауың пленкалық тәртібі орнатылады, жылу берілу коэффициенті түседі, және электрод пленкалы қайнауға сәйкес температураға дейін қызады.

#### **1.4.2 Электрлитті- плазмалы өндеудегі суыту мен қыздыру**

Үлгінің бетіндегі температураны анықтайтын тәжірибелік жұмыстар жүргізілді. Үлгіні құрамында 0,3 % көміртегі бар темір негізіндегі қорытпадан дайындады. Температураны өлшеу қыздыратын беттен 1,0 мм және 2,0 мм тереңдіктегі үлгі бұйымының екі қабатындағы табиғи термиялық жабыстыру әдісі арқылы дайындалған термопаралармен жүргізілді. Дәнекерлеулердің орналасуы 8-суретте көрсетілген. Термиялық дәнекерлеуді үлгіде саңылаудың түбінен алюмельден жасалған шылбырдың шетін дәнекерлеу әдісі арқылы алады( 8-сурет). Термопараларды муфельді пеште қыздыру арқылы және эталонды термометрлермен температураларды өлшеу арқылы қалыртандырған. Температураны анықтауда үлгінің бетінде бүкіл жылу ағыны бұйымның тереңдігінен бетіне жүреді деп қабылданды.

Қыздырылатын қабаттың тілінген орны бұйымның беткі қабатындағы жылу ағынының таралуы еленбейтін қыздырылатын аумақтан он есе аз деп саналды. Бұл үлгінің екі қабатындағы температураны тәжірибелі өлшеудің нәтижелері рқасында бұйым-катодтың беткі қабатындағы температураны өлшеуге мүмкіндік береді.

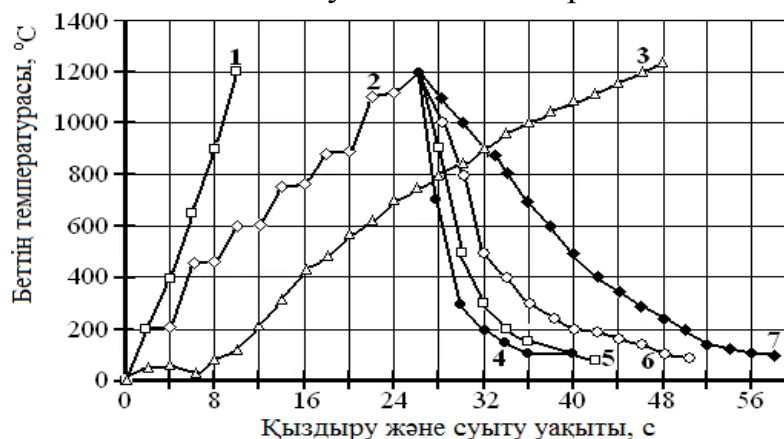


8 сурет - Электролитті- плазмалық қыздыру процессі кезіндегі температураны өлшеуде үлгінің беткі қабатындағы термиялық дәнекерлеудің орналасу схемасы

Электр потенциалы 320 В және төменгісі 200 В жоғары кернеулерде болатын болатын периодты қосуда қыздырылған қалыңырақ қабат (9-сурет, 2 қисық) алуға және уақытты ұзарту мүмкіндігін беретін қыздыру жылдамдығының периодты төмендеуі және жоғарылауы байқалады.

200В кернеудегі қыздырғыштың электрлік тізбегінің қосылуы 8-12 секунд ішінде беттің іс жүзінде қызбағандығымен сипатталады.( 9-сурет, 3-қисық) Бұл электрлік тізбектің бастапқы кезеңіндегі токтың секіруі 0 ден 50- 60 А/см<sup>2</sup> дейін болатындығымен негізделеді. Бұл процесстің созылуы 12 с дейін.

Тәжірибелер тұрақты плазмалы қабаттың пайда болуына дейінгі уақыт электрондық потенциал өлшемінен тәуелді екенін көрсетті.



1– $U_1=320$  В; 2– $U_2=200$  В,  $U_1=320$  В,  $U_{\text{суыт}}=30$  В; 3– $U=220$  В қосқанда болатын электрлік потенциалды(1, 2, 3) және суытуды(4, 5, 6, 7), периодты түрде, ал суытуда: 4– $U_{\text{суыт}}=60$  В; 5– $U_{\text{суыт}}=40$  В; 6– $U_{\text{суыт}}=20$  В; 7– $U_{\text{суыт}}=0$

9 Сурет - Уақыт пен қыздырудан тәуелді бұйымның беткі қабатының температурасы

200 В дейінгі кернеуде бұйымның беткі қабаты ондаған секундтарға дейін қызбауы мүмкін(9-сурет, 3-қисық). Бұл бірінші, екінші және үшінші сұйық электрод және катодты бұйым беткі қабаттары арасындағы өзара әсерлесу.

Электрлік потенциалдың кернеуінің периодты жоғарылауы мен төмендеуі бесіншіден төртіншіге тіпті үшінші өзара әсерлесу аумағымен периодты ауысумен жүреді. Бұл қабаттың төмен қыздыру қуаттылығының тығыздығын жоғарғыға ауыстырып тұруға нәтижесінде бұйымның беткі қабатының орташа жылдамдығын 30–60 °C/c алуға мүмкіндік береді.( 9-сурет, 2-қисық)

Бұйымның беткі қабатының суыту кезіндегі электрлік потенциалды қосу суыту жылдамдығын төмендетуге мүмкіндік береді ( 9-сурет, 4-7 қисықтары) және құрамында көп мөлшердегі көміртегі бар қорытпалардан жасалған бұйымдарды шынықтыруға мүмкіндік береді. Суыту жылдамдығын төмендету қосымша электрлік потенциалдың қосылуы бесіншіден төртіншіге баяу ауысуды, содан соң үшіншіден екінші аумаққа сұйық электрод бетінің және катод- бұйымы арасындағы өзара әсер етуді қамтамасыз ете отырып плазмалы қабаттың пайда болу уақытын жоғарылатуымен түсіндіріледі.

Қыздыру қуатының тығыздығын периодты түрде өзгерте отырып 0.5 мм, 1.5 мм, 4 мм, 6 мм, 7 мм, 8 мм және 9 мм қалыңдықтағы шынықтырылған қабаттар алуға болады. Берілген жағдайда қыздыру жоғары кернеуді  $U_1=320$  В 2 секундқа және төмен кернеуде  $U_2 = 200$  В 4 секундқа кезекпен қосылғанда пайда болады.

30 секундқа тең қыздырудың суммарлық уақытында шынықтырылған қабаттың қалыңдығы 4 мм ге тең болады.

Суммарлы қыздыру 70 секунд уақытта шынықтырылған қабаттың 9 мм қалыңдығын қамтамасыз етеді. Тәжірибе 50 мм қалыңдықтағы және құрамында 0,5 % көміртегі бар тегіс үлгіде жүргізілді. Қыздыру мен суытуды 35 мм диаметрі бар шығатын қақпақта қыздырғышпен жүргізді. Электролит ретінде 13% натрий карбонатының сулы ерітіндісін қолданды. Беріктендірілген қабаттың қалыңдығы қаттылық өлшеуішпен өлшенді.

### **1.4.3 Электролитті- плазмалық өндеудегі термоциклды шынықтыру**

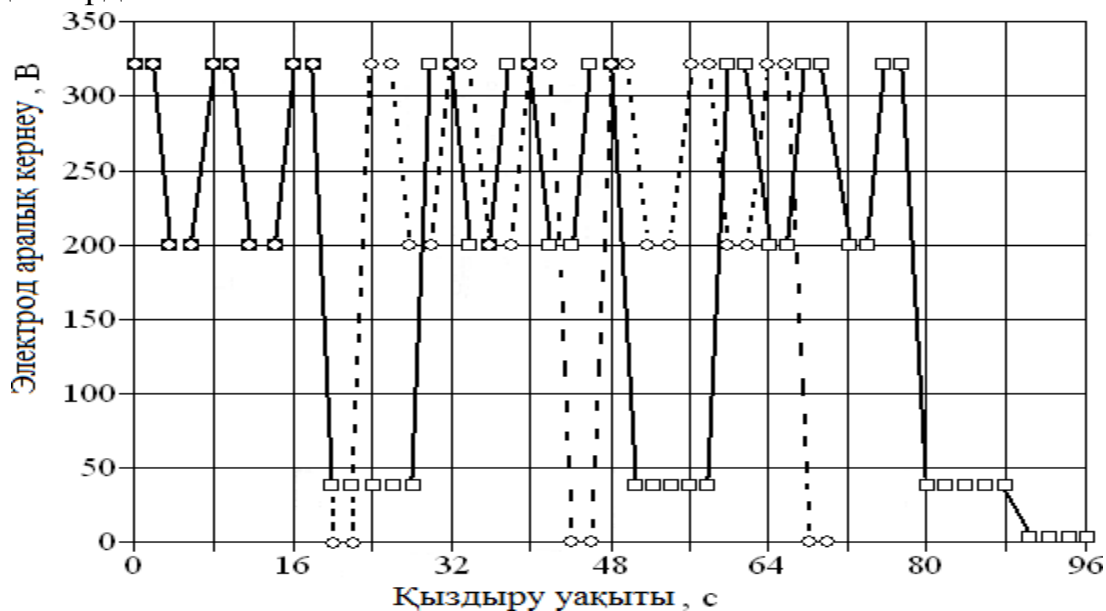
Жоғары мәнге ( 20–30 %) жоғары беріктік сипаттамаларға, тозу беріктігі қасиеттеріне ие қорытпаның микрокристаллдық құрылымын алу «маятникті» тармоциклдық өндеумен (ТЦӨ) алынатындығы белгілі. ТЦӨ әдісі төртеуін қосады- 30-50°C температураларға дейін және жоғары бес еселі қыздыру,сәйкесінше 50–80 °C айналу температураларынан төмен суыту.

Термиялық өндеу технологиясында ТЦӨ ережеге сәйкес, пешті қыздыруда жүреді. Бұйымның беткі аумақтарын электролитті-плазмалы термоциклдық өндеу іске асыру мүмкіндігі зерттеу қызығушылығын тудырады.

Электрлік потенциалдың кезекпен өшірілуі фазалық өзгерістер температурасынан төмен бұйымның беткі қабатының температурасының төмендеуін қамтамасыз етті. Жоғары кернеулерді қосу арасындағы тоқтауларда беттің суытылуы  $U_{\text{суыт}}=20-36$  В кернеуіндегі электролитте немесе мүлдем электр

потенциялының қосылуынсыз  $U_{\text{суыту}}=0$  жүргізілді. 6-суретте электрлік потенциалдың қосылу диаграммасы көрсетілген. 2-3 қыздыру циклынан кейін потенциалды толық өшірді немесе  $U_{\text{суыту}}=36$  В ауыстырды.

Бұйымның беткі бөлігін қыздыру шараларын  $U_1=320$  және  $U_2=200$ В (10-сурет) электрлік потенциалдарын бір уақытта қосу арқылы іске асырды. Содан соң ондағы кернеуді,  $U_1=320$  В электрлік потенциалын өшіру арқылы  $U_2=200$  В шамасына дейін түсірді. Электрлік потенциалды мерзімді түрде қосу-өшіру шаралары, бұйымның беткі бөлігіндегі қабатты фазалық өзгерістер температурасынан да жоғары температурада қыздыруды қамтамасыздандырды. Одан кейін, электрлік потенциалдың кернеулілігін  $U_{\text{суыту}}=36$  В шамасына ауыстыру шаралары іске асырылды, ол дегеніміз бұйымның беткі бөлігін фазалық өзгерістер температурасынан төмен температурада суытуды қамтамасыздандырды. Қыздыру мен суыту кезеңдерінің келесі қайталанылымдары термоциклдық шынықтыру шараларын іске асыруға мүмкіндік берді.



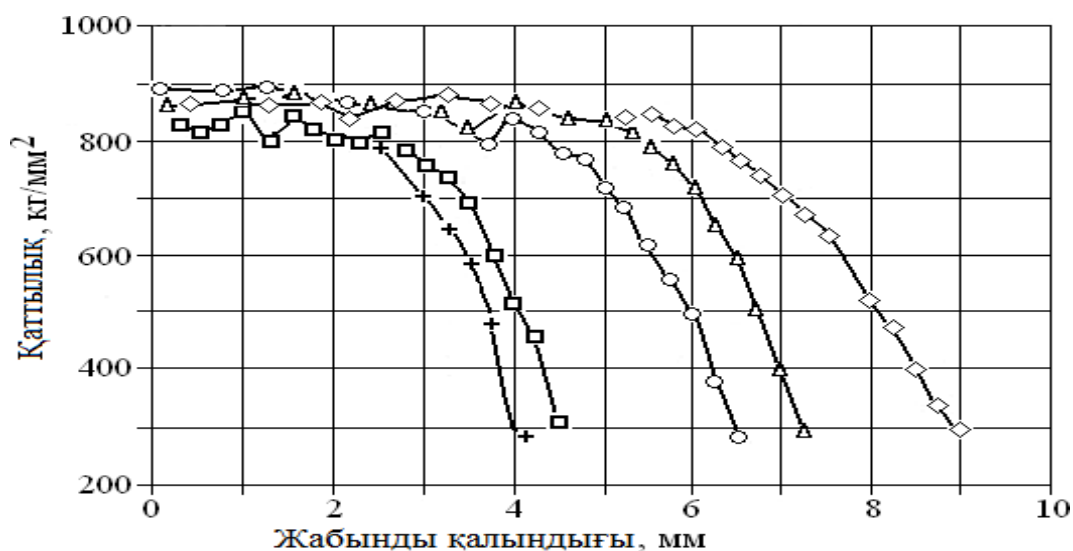
○— $U_1=320$  В,  $U_2=200$  В,  $U_{\text{охл}}=0$ ; □— $U_1=320$  В,  $U_2=200$  В,  $U_{\text{охл}}=36$  В

10 Сурет - Термоциклдық қыздыру кезіндегі электрлік потенциалы қосылуының кезектелу диаграммасы

Жүргізілген тәжірибелер көрсеткендей (10-сурет), электрлік потенциалдан  $t_p=6—10$  с шамасына дейін толық өшіру шаралары, үлгінің беткі бөлігінің сууына алып келеді. Бұл дегеніміз, бұйымға жылудың жинақталуына немесе онда жылудың сақталуына жол бермейді және жеңілдетілген қабатша 4 мм қалыңдыққа ие. Өшіру уақытын  $t_p=2—4$  шамасына дейін түсіру, қабат қалыңдығын шамамен екі есе жоғарылатады.

Жоғарылатылған потенциалды төмендетілген  $U_{\text{суыту}}=36$  В потенциалына ауыстыру шаралары тіпті  $t_p=10$  с уақыт ағымында да беткі қабаттың қайта сууына алып бармайды (11-сурет). Қыздыру мен суытудың үш кезеңінде қабаттың қалыңдығы 9 мм-ге жетеді.





Циклдар арасындағы суыту аралығы–  $t_p$ . Суытудағы электр потенциалы-  
 $U_{oxl}$ : +  $-t_p=10$  с,  $U_{oxl}=0$ ; □  $-t_p=6$ с,  $U_{oxl}=0$ ; ○  $-t_p=4$  с,  $U_{oxl}=0$ ; △  $-t_p=2$  с,  $U_{oxl}=0$ ; ◇  $-t_p=10$   
с,  $U_{oxl}=36$  В

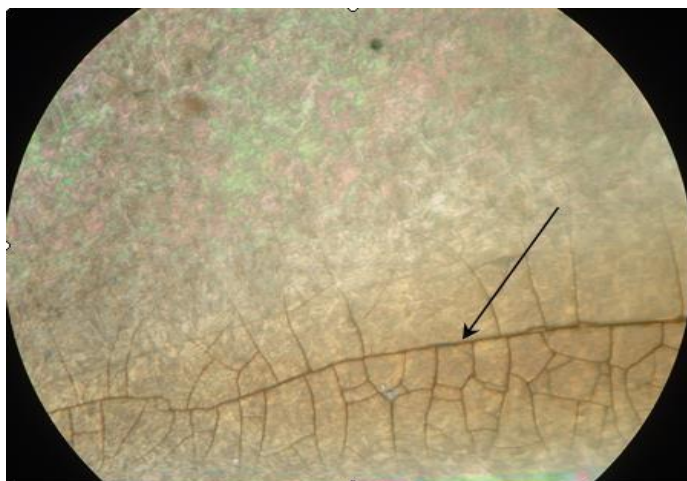
11 Сурет - Термоциклдық өңдеуден кейінгі қорытпа үлгісінің беткі қабатының қаттылығының өзгеруі (0,50 % C)

#### 1.4.4 Электролитті - плазмалық өңдеу кезінде 20Х болатының бетінде пайда болатын ақаулар

Болатты шынықтыру барысында пайда болу ықтималдылығы жоғары негізгі ақауларға бұйымдағы ішкі немесе сыртқы сызаттар, сынғыштық және қауыршақтану, сонымен қатар термиялық деформациялар мен бүрісулер жатады. Олардың түзілуінің алдын алу үшін келесі шаралар ұсынылады: яғни, бұйымдарды құрастыру барысында шығыңқы жерлердің, өткір бұрыштардың, қалың қиылыстардан жұқа қиылыстарға бірден өту процестерін және т.б мүмкін болса болдырмау қажет; толығымен қыздырылатын бөлшектер үшін мүмкін болатын анағұрлым төмен температураларда шынықтыру; сатылы шынықтыру шараларымен қол жеткізілген, температураның мартенситті аралығындағы баяу суыту; изотермиялық суару және жіберу шараларын суарудан кейін бірден орындау қажет. Деформация мен бүрісу. Деформация, яғни бұйым формасы мен өлшемдерінің өзгерісі, біртекті суыту мен фазалық өзгеріс процестерінен туындаған біртекті көлемдік өзгерістердің әсерімен болатын термиялық және құрылымдық кернеулер нәтижелеріндегі термиялық өңдеу шаралары барысында пайда болады. Бұйымның симметриялық емес деформациясын іс-жүзінде көбінесе бүрісу деп аталады. Ол, шынықтыру кезінде біртекті және шамадан тыс қыздыру барысында, шынықтыру ортасына бөлшекті дұрыс қоймаған кезде және де температураның мартенситті аралығында жоғары жылдамдықты суыту барысында байқалады. Мұндай себептерді жою, бүрісу деңгейін айтарлықтай төмендетеді. Бүрісу құбылыстарын ұзын және жұқа бұйымдарда жою өте қиын. Оны төмендету үшін, мұндай бөлшектерді суару барысында түрлі

құрылғылардағы сығылған жағдайда суытады. Шынықтыру шараларынан кейін, тіпті бүрісу процестері болғанның өзінде де бұйым өлшемдері бастапқы мәнмен сәйкес келмейді. Осы өзгерістер арқылы туындаған деформацияны, болаттың сәйкес құрамын таңдау және де термиялық өңдеу шарттарын таңдау арқылы төмендетуге болады.

Сызаттар. Шынықтыру барысындағы сызаттар, марсенитті айналу барысында пайда болған ішкі созылмалы кернеулер болаттың бұзылымдарға деген қарсылықтарынан асып түскен жағдайларда ғана пайда болады. Сызаттар, Мн (мартенситті өзгерістердің бастапқы кезіндегі температура) нүктесінен төмен температурада, көбінесе суыту шараларынан кейін түзіледі. «ВКМЗ» АҚ өндірісінің шарттарында 200<sup>0</sup>С-қа дейінгі жоғарылатылған жұмыс температурасы кезінде ауқымды соққылы жүктемені ескеретін кем дегенде 270 метр ұңғыманы бұрғылау бойынша қашаудың қажетті жұмысқа қабілеттілігін, айналмалыларды 58...63 HRC қаттылығына дейін шынықтыра отырып газды цементтеу арқылы қамтамасыздандырады. Цементтеліп болғаннан кейін ортаңғы бөлігі, яғни өзекшесі анағұрлым иілімді болып қалады және 45 HRC-ке дейінгі ғана қаттылыққа ие. Кезеңдеп жіберілетін цементтеу температурасы 960<sup>0</sup>С, ал осы болаттың шынығуының тиімді температурасы – 880<sup>0</sup>С. Мұндай термиялық өңдеу шараларының кемшілігі (12-сурет) бүрісулердің түзілуі, көміртегі мөлшері төмен болаттарда жарылымдардың пайда болуы, сонымен қатар көп еңбекті қажет етуі мен сәйкесінше энергияның да ауқымды бөлігін талап етуі болып табылады. Сызаттардың түзіліміне деген бейімділік, болаттың құрамында көміртегі мөлшерінің жоғарылауымен, шынықтыру температурасының жоғарылауымен және мартенситті өзгерістің температуралы аралығында суыту жылдамдығының жоғарылауымен өседі.



Бағытшамен термиялық өңдеудің ақауы көрсетілген  
12 Сурет - 20Х болатының шынықтыру мен цементациядан кейінгі  
микрoқұрылымы ×100

Сызаттардың пайда болуының басқа да себептері бұйымдарда кернеу концентраттарының болуы—бұйым қиылыстарының немесе жергілікті

ойықтардың, тереңдіктердің, шығыңқы жерлердің және т.б күрт өзгеруі. Сызаттар – түзетуге келмейтін ақаулар. Осыған байланысты, термохимиялық өңдеу шараларының альтернативті тәсілдерін іздеу, маңызды іс болып табылады. Сызаттар пайда болуының тағы бір себебі ол кернеу концентраторларының болуы- бұйымның ортасының кенеттен өзгеруі немесе жергілікті кесулер, тереңдету, шығыңқы жерлер және т.б. Сызаттар- жөнделмейтін ақаулар. Осыған байланысты альтернативті термохимиялық әдістерді іздеу тиімді әдіс болып табылады. Электролит-плазмалы беріктіру тәсілі, келешегі жоғары тәсілдердің бірі болып табылады.

Сонымен, жоғарыда айтылғандарға қарап отырсақ, цементтеу кезінде, 20Х болаттарында жоғарыда келтірілген кемшіліктер жеткілікті. Сол себепті біз, электролитті-плазмалық өңдеу шараларының көмегімен іске асырылатын бұрғылау құралын беріктендіру технологиясын қолдануды ұсынамыз.

ЭПӨ-нің маңыздылығы келесі болып табылады. Азкөміртекті болаттарды беріктіру тәсілдері ұсынылды. Ол тәсілдер 930-940<sup>0</sup>С температураға дейін қыздыру шараларын, 1 мм цементтеу тереңдігін және 800-820<sup>0</sup>С температурада шынықтыру шараларын қамтиды. Бұл тәсілде, бөлшектің қыздырылу шаралары электролит-плазмамен іске асырылады. Ол процесс кезінде электролитті 4-6 мм тереңдігіне батырады, тұрақты электрлі тоқ береді, электролит ағынын суытады. Бөлшектің беріктендірілмейтін бөлігі – қатты қорытпалы тісшелерді нығыздауға арналған саңылауларды электролитке батырар алдында оқшаулайды. Себебі тісшелерді нығыздау барысында саңылаулардың сызаттанылу қаупі бар. ЭПӨ-ден кейін өзекше анағұрлым иілмелі болып қалады және 46,5 НРС-ден төмен қаттылыққа ие болып табылады.

ЭПӨ-нің негізгі артықшылығы, ондағы металл деформациясының жоқтығы. ЭПӨ, қалыңдығы 2,0 мм-ге дейінгі беріктірілген қабатқа ие болады. Бұл кезде, бөлшектер 200...300<sup>0</sup>С-тан жоғары температурада қыздырылмайды.

## 2 Зерттеу әдістері

### 2.1 Өңдеуге арналған материал және өңдеу әдісі

Әлемдік мұнай өндіруші салада ҚР өнеркәсібінің үлесі ауқымды екендігі мәлім. Жүзі бар бағана жабдықтарының (ЖББЖ) ораулары мұнай тасымалы барысында жоғары байланыс кернеуіне және соққы-қажулық тозуына ұшырайды.

Электролитті-плазмалық беріктендіру (ЭПБ) әдісімен қазіргі уақытта иінді білік беттері, дизельдік қозғалтқыштардың шойын цилиндрлері, диск арасы және т.б түрленеді. Е.О.Патон атындағы электрмен дәнекерлеу институты (Украина) және «ПЕРВОМАЙСКДИЗЕЛЬМАШ» АТАҚ дизельді машиналарға арналған иінді білік мойындарын беріктендірудің электролитті-плазмалық технологиясы даярланған. Беріктендірілген учаскі беткі қабатының қаттылығы 55-60 НРС.

Барабанцев Ж.Е., Тюляпин А.Н., және басқалары диск араларын суаруға арналған құрылғыны патенттеген. Туынды термиялық өңдеу облысына жатады, ал дәлірек айтқанда болат бұйымдарын электролитте суаруға арналған құрылғыларға жатады, сонымен қатар, суық кесу және бүгілген бейінді прокат диск араларының тістерін суару кезінде пайдаланыла алады. Осыдан бері бұл әдіс Ұлыбритания, Жапония, Қытай, Иран, АҚШ, Түркия, Индияда кеңінен таратылуда және меңгерілуде.

Қазақстанда және әлемде 20Х төмен көміртекті қосындыланған болатынан жасалынған жүзі бар бағана жабдықтарының бұранда кескіштерін электролитті-плазмалық түрлендіру қолданылмайды.

Дипломдық жұмыста 20Х болатынан жасалынған бұйымдарды электролитті-плазмалық модификациялау инновациялық технологиясын Қазақстанда мұнай-газ жабдықтарының құбыр өткізгіш арматурасының өнеркәсіптік өндірісіне ендіруге бағытталған. Технологияны ендіру «ӨӨАЗ» АҚ серіктес кәсіпорыны базасында болжам етіледі. ЭПМ болжамдалынатын технологиясы өндіретін бұйымдарының тозуға төзімділігін арттыруға, технологиялық үдерісті автоматтандыруға, сонымен қатар еңбек сыйымдылығын төмендетуге және 30-40%-ға өндіретін өнімнің өзіндік құнын азайтуға мүмкіндік береді, ал ол өз кезегінде өнімнің жоғары сапасын және ішкі және сыртқы нарықтағы бәсекелестік басымдылықты қамтамасыз етеді.

«ӨӨАЗ» АҚ атқарушы кәсіпорынында ары қарайғы суарумен қатты карбюраторда цементациялаудың орынына төмен көміртекті болатты 930-940 °С температураға дейін қыздыруды, 1мм тереңдікке дейін цементациялау, 800-820°С температурада суару арқылы төмен көміртекті болаттарды беріктендіру әдісі бөлшекті қыздыруды плазмамен орындалуымен ерекшеленеді, ол кезде бөлшекті электролитке 4-6 мм тереңдікке салады, тұрақты электр тогын жібереді, одан кейін электролит ағынында салқындатуды қосатын беріктендіру әдісін ұсынады.

## 2.2 Зерттеу тәсілдері мен аспаптары

Зерттеу жұмыстары мен байқаулар Аймақтық университетіндегі «IPGETAS» инженерлік бағдарының зертханасында және Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университетінің Аймақтық ғылыми-технологиялық «Алтай» паркінде өтті. Металлографиялық талдау «Sony» сандық бейнекамерасы бар «Axioscop - 2MAT» металлографиялық микроскопында жүргізілді. Электролиттік плазмада өңделген үлгілердің элементтік құрамы «OXFORD Instruments» фирмасының INCA Energy энергодисперсиялық микроталдау приставкасы бар, JEOL фирмасының (Жапония) растрлық электрондық JSM-6390LV(РЭМ) микроскопында зерттелді. Анықталатын элементтер – бордан уранға дейін. Микроқаттылыққа өлшеулер ГОСТ 9450–76 сәйкес Р=2 Н жүктемесінде алмазды пирамидасы бар ПМТ-3 аспабында жүргізілді.

10×10×20 мм мөлшеріндегі үлгілер салқындататын сұйықтыққа енгізілген кашаудың шаржыларынан (термиялық өңдеуге дейін) қалыңдығы 1мм алмаз дискпен кесіп алынған. Кіші жылдамдықпен кесу кезінде  $n = 350$  об/мин және төмен жүктемеде  $m = 250$  г, үлгі деформация мен термиялық әсер алмайды. Жылтыратудан кейін (хромның қос қышқылды пастасы) металлографиялық талдау үшін тілімтас азот қышқылының 5%-тік спирт ерітіндісімен өңдеуге ұшыраған.

### 2.2.1 Металлографиялық талдау

Макроскопиялық талдау. Макроталдау - металдар мен қорытпалардың құрылысын қосалқы құралдарсыз жәй көзбен немесе шағын үлкейтетін ( $50^\times$  дейін) әйнектер арқылы талдау.

Макроталдау арқылы металл сынықтары бойынша келесілер анықталады:

- кристалданған металдың алғашқы құрылысы, химиялық біртекті еместігі;
- кесек құйма тетіктердің түйіршікті немесе бұтақты құрылымдары;
- технологиялық өңделген (штампталған, соққыланған, созылған) металдардың құрылысы, пісіру жіктерінің сапасы;
- химиялық немесе химиялық-термиялық өңделген металдардың құрылымдары (шынықтырылғын, цементтендірілген, азоттандырылған беттердің тереңдігі);
- көзбен көрінетін ақаулар (бос орын, жарықшалар, кеуектілік

Микроскопиялық талдау - металдың құрылымын микроскоп арқылы зерттеу микроскопиялық талдау деп аталады. Металлографиялық микроскоптардың жұмыс принциптері сәуленің шағылысуына негізделген. Көп тараған микроскоптар қатарына МИМ-7, МИМ-8 типті микроскоптар жатады. Олардың көмегімен микроқұрылымдарды зерттеуге және суретке түсіруге болады.

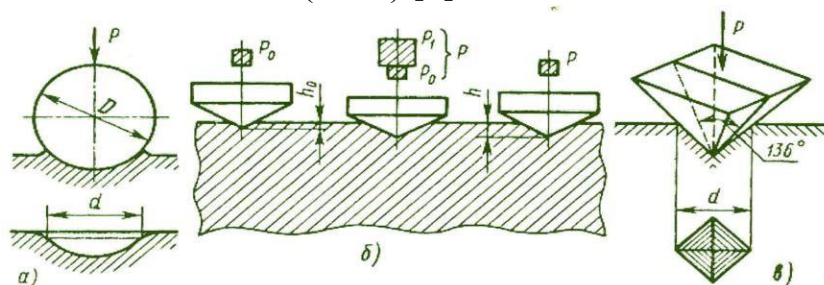
Талапқа сай үлкейту үшін жарықтың сәулесін немесе линзалар мен призмалар (оптикалық микроскопия) немесе электрстатикалық линзалар



(электронды микроскопия) қолданылады. Тетіктердің істен шығу себептерін білу үшін микроталдауға арнаулы дайындалған микрошлифтер арқылы фазалық құрамын, құрылымын, өңдеу сипаттамаларын, түйіршіктер санын, түйіршіктер өлшемін және металл емес кірмелерді анықтайды.

## 2.2.2 Болаттың қаттылығын өлшеу

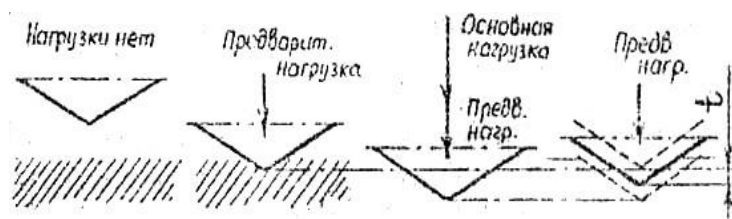
Қаттылық деп металдар мен қорытпалардың беткі қабатына басқа бір қатты дененің енуіне қарсылық көрсетер қабілеті аталады. Материалдың қаттылығын анықтау үшін оның беткі қабатына белгіленген күшпен индентор (болат шаригі, алмаз конусы мен пирамидасы немесе инелер) батырылады. Инденторлардың материалдың бетіне түсірген ізінің мөлшеріне байланысты оның қаттылығы анықталады. Материалдың қаттылығы оны анықтау әдісіне байланысты сипатталады. Мысалы, Бринелль бойынша қаттылығы (НВ), Роквелл бойынша қаттылығы (HRC) [8].



13 Сурет - Қаттылықты Бринелль (а), Роквелл (б) және Виккерс (в) тәсілдерімен анықтау схемасы

Роквелл бойынша қаттылық – индентордың ену тереңдігіне кері шартты шама. Бұл тәсілмен анықталатын қаттылық HRA, HRB, HRC әріптерімен белгіленетін өлшемсіз шама.

Бұл әдісте индентор ретінде алмасты конус немесе шыңдалған болат шарик алынады. Бринелль әдісінен айырмашылығы қаттылықты анықтау ойықтың ауданы бойынша емес, тереңдігі арқылы есептеледі. Ойықтың тереңдігі батыру процесі кезінде өлшенетіндіктен сынақты жүргізу жеңілірек. Жүктеме екі кезеңде біртіндеп түсіріледі (ГОСТ 9013-59): алдымен бастапқысы, 10 кгс тең салмақпен (серіппелік деформацияның әсерін және әртүрлі кедір-бұдырлық ақауларды жою үшін), сонан соң негізгі салмақтағы жүктеме беріледі (14 сурет).



14 Сурет - Роквелл әдісі бойынша қаттылықты өлшеу кезіндегі ұштықтың орыны. Жүктемелердің түсу кезеңі

Роквелл әдісімен қаттылықты келесідей өлшеуге болады:

- алмазды конуспен жалпы жүктеменің салмағы 150 кгс. Қаттылық С шкаласы бойынша өлшеніп HRC деп белгіленеді (мысалы, 65 HRC). Бұл сияқты қаттылықты өлшеу шынықтырылған және жасытылған болаттар, орта қаттылығы бар, беткі қабатының қалыңдығы 0,5 мм астам материалдар үшін жүргізіледі.

- алмазды конуспен жалпы жүктеменің салмағы 60 кгс. Қаттылық А шкаласы бойынша өлшеніп HRA деп белгіленеді. Қаттылығы өте жоғары материалдарды және беткі қабатының қалыңдығы жұқа (0,3... 0,5 мм) және жұқа парақты материалдардың қаттылығын өлшеу үшін қолданылады.

- болат шарикпен жалпы жүктеменің салмағы 100 кгс. Қаттылық қызыл В шкаласы бойынша өлшеніп HRB деп белгіленеді. Бұл сияқты қаттылықты өлшеу жұмсақ (жасытылған) болаттар және түсті қорытпалар үшін жүргізіледі.

Роквелл әдісімен қаттылықты өлшеу кезінде үлгінің бетін өлшеуге кедергі туғызар ақаулардан тазартып тегіс етіп мұқият дайындау керек. Үстелге үлгінің дұрыс қойылуын (түсетін күштің параллель болуы, үлгінің тиянақтылығы) қатты қадағалау қажет. Конуспен өлшеу кездегі ойықтардың ара қашықтықтары 1,5 мм, шарикпен өлшеу кезде - 4 мм – ден кем болмау керек.

### **2.2.3 Беттің кедір – бұдырлығын өлшеу**

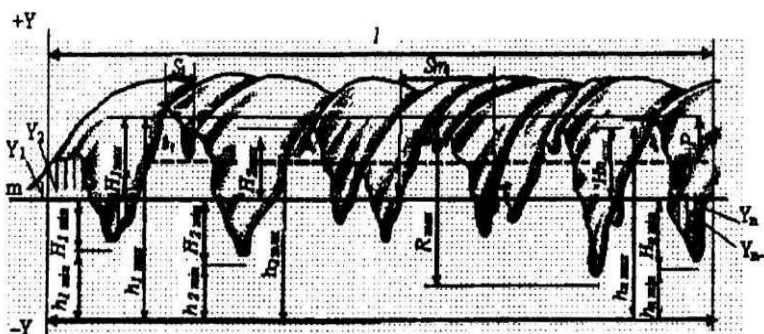
Кедір-бұдырлық - дегенеміз зерттелетін беттің базалық ұзындығында салыстырмалы түрде аз қадамдық, тегіссіздіктердің жиынтығы.

Беттің кедір-бұдырлығы тетіктердің сапалы жұмыс істеу көрсеткішін төмендетеді. Қозғалмалы қондырмада кедір-бұдырлық беттің уақытынан бұрын тозуына әкеп соғады, себебі тетіктердің жұмыс істеу кезінде металл тарақшалары үйкеліп, маймен араласып беттің тозуын жылдамдатады. Қозғалмайтын қондырмада кедір-бұдырлық бекіту беріктігін бәсеңдетеді, өйткені тарақшалардың сығылуы кезінде қосылыста керіліс тартылысы азаяды.

Базалық ұзындық дегенеміз беттің кедір-бұдырлығын сипаттайтан және параметрлерінің мөлшерін анықтайтын базалық сызықтың ұзындығы.

Беттің кедір-бұдырлығын нормалау және мөлшерін есептеуде биіктіктің параметрлары Ra, Rz, Rmax қадамдық параметрлері Sm және S пен формалық параметр tr қолданалады (15 сурет).

Ra параметрі профильдің барлық тегіссізділік орташа биіктігін сипаттайды. Rr-ең үлкен тегіссіздіктердің орташа биіктігі, Rmax профильдің ең үлкен биіктігі. Қадамдық параметрлер Sm, S және tr-әртүрлі формапарды есептеуде және тегіссіздіктің сипатты нүктелерінің өзара орналасуында қолданылады.



15 Сурет - Кедір-бұдырлықтың негізгі параметрлері

Беттің кедір-бұдыр диапазонның өзгеруіне байланысты бір немесе бірнеше параметрлер мен есептелінеді ( $Ra=100-0.008$  мкм дейін өзгереді,  $Rz$  және  $R_{max}$  1600 ден 0,025 мкм дейін 8т және  $8=12,5$  тен 0,002 м дейін).

Кедір-бұдырлық параметрлері тетіктің жұмыс істеу шартына байланысты алынады. Бұйымның жұмыс істеу тәжірибесі көрсеткендей, төмендегі кедір- бұдырлық параметрін қолдануға болады: үйкеліс, таю, тербену және қажалуға жұмыс істейтін беттер үшін  $Ra$ ,  $Rz$ ,  $tr$  және кедір-бұдырлық бағыттары; Контактты кернеуде жұмыс істейтін тетіктер үшін  $Ra$  және  $Rz$ ,  $tr$ ; қосылған тетіктердің салыстармалы түрде қозғалмалы қосылысты жасау үшін (прессті қосылыстар)  $Ra$  немесе  $Rz$ ; ауыспалы күштер түсетін тетіктерде  $R_{max}$ ,  $S_m$  немесе  $S$ ; тегіссіздік бағыттары герметикалық бекітелін беттер үшін-  $Ra$  не  $Rz$ ,  $tr$  қолданылады.

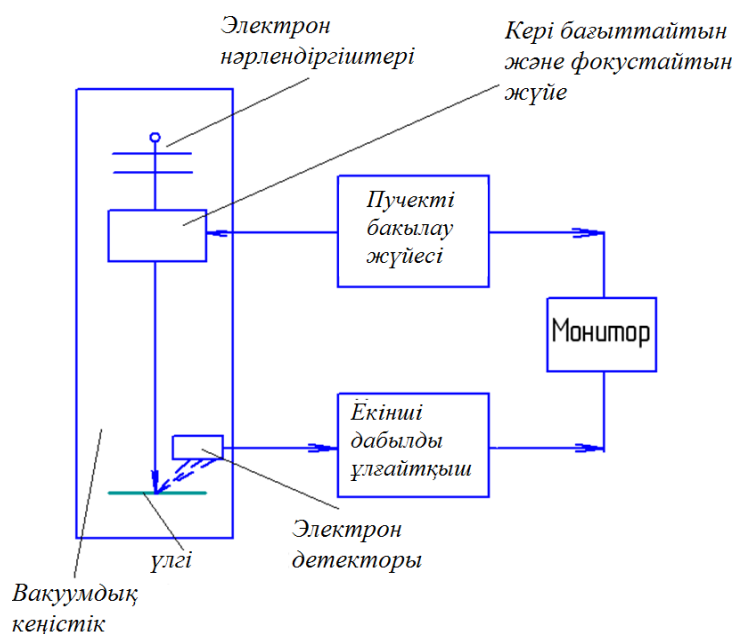
$Ra$ ,  $Rz$  параметрларын таңдау кезінде  $Ra$ -ға көп көңіл болу керек себебі бұл параметр кедір-бұдырлыққа толық баға береді. Параметрларды таңдауда техникалық және экономикалық қатынастары толық негізделуі керек. Тетіктерді жинау және жұмыс істеу процесстерінде майлысу және микротегіссіздіктерінің үлкейуі процестері болады, сол себепті тетіктердің формаларында және өлшемдерінде қосымша өзгерістер болады.  $Ra$ - $Rz$  параметрлерін кесте арқылы белгіленеді онда өлшемнің дәлдігі өңдеу түрі және кедір-бұдырлығы көрсетіледі.

#### 2.2.4 Растрлы электронды микроскопиялық талду

Электролитті плазмада өңделген үлгінің элементті құрамы INCAEnergy фирмасы «OXFORD Instruments» энергодисперсті микроанализді қосымшасы бар JSM-6390LV – фирмасы JEOL (Жапония) растрлы электронды микроскобында зерттелді. Электрондар мен заттардың өзара әсерлесуінде монитор экранында кескінді синхронды құрастыру үшін пайдаланатын әртүрлі формадағы жауапты сигналдары(кескінді және екілік электрондар, Оже электрондары, рентгендік сәулелену, жұтылған ток және т.б) пайда болады. Кескіннің пішінделуі үшін электрондық-оптикалық жүйе қолданылмайды, кескіннің масштабтарының өзгеруі радиотехникалық заттармен жүргізіледі. Растрлы электронды микроскоп қалыпты атмосфералық қысымда оның фокусировкасын жоятын электронды ұшқындар қатты таралып және жұтылатындықтан вакуумдық аспап болып табылады.

Үлгінің беті бойынша зондтың орналасуы өте жоғары дәлдікпен жүргізілуі керек. Ауысу дәлдігі және зондтың өлшемі микроскоптың рұқсат ету өлшемін анықтайды.

Растрлы микроскоптың негізгі өзектерінің негізгі өзектерінің схемасы 16-суретте көрсетілген. Арнайы конденсерлі жүйесі бар электрон көздеріндегі электронды ұшқындар зонд күйінде жақсы қалыптандырылылады және растр құрайтын үлгінің бетінде траектория бойынша ұшқындарды араластыратын басқарушы электродтар немесе электромагнитжүйелері арқылы өтеді. Берілгіштермен тіркелетін белгі әрі қарай монитордың электр-сәулелі құбыршасындағы электронды ұшқынның жарықтығының модуляциялау үшін қолданылады. Бұл белгінің өлшемі үлгі бетінің физикалық қасиеттерінен тәуелді болады және нүктеден нүктеге ауысып отыруы мүмкін. Нәтижесінде монитор экранында зерттелетін үлгінің физикалық қасиеттеріне сай топографияны көрсететін үлгінің беткі қабатының кескіні пайда болады.



16 Сурет - Растрлы электронды микроскоптың блок жүйесі

Бірінші кезекте растрлы электронды микроскоп (РЭМ) беттің құрылымын зерттеу үшін қолданылады. Қазіргі уақытта шығарылып жатқан аспаптар ондықтан бірнеше мыңдаған үлкейтулерге шамасы жетеді. Зерттеу мүмкіндігі үлгінің құрамында сол немесе басқа химиялық элементтің бар болуы емес, сонымен қатар үлгінің беті бойынша таңдалған элементтің химиялық элементтердің таралуы растрлы электронды микроскоп әдісін ерекше етеді.

## 2.2.5 Рентгенқұрылымдық талдау

Сапалы және көлемді болат үлгілерінің құрылымдық фазалық талдауларын  $Cu-K\alpha$  сәулеленуін қолдана отырып, «X'Pert PRO» фирмасының «PANalytical»

дифрактометрінде жүргізді. Үлгілерді түсіруді Брэгг – Брентано фокустау кескіндеу жүйесімен  $K_{\alpha}$  мыстық және кобальттық сәулеленуінде жүргізді. Кобальтті сәулеленудегі дифрактограммадағы түсіруде  $\beta$  -сызықтарын жою үшін темірде  $\beta$  - фильтр селективті жоюды, ал мыстағы түсіруде никельден жасалған фильтр пайдаланды. Мысты сәулеленудегі түсіруде үлгілердің суретіне дифракционды флуоресцентті сәулеленуді жою үшін қалыңдығы 0,05 мм Al- фольгасын қолданды [9].

Зерттелетін материал үшін  $d/n$  құрамын анықтап және оны алдын ала белгілі таза заттар үшін берілген  $d/n$ , олардың әртүрлі қосылыстарын анықтап алып берілген материалдың қандай фазасы бар екенін анықтауға болады.

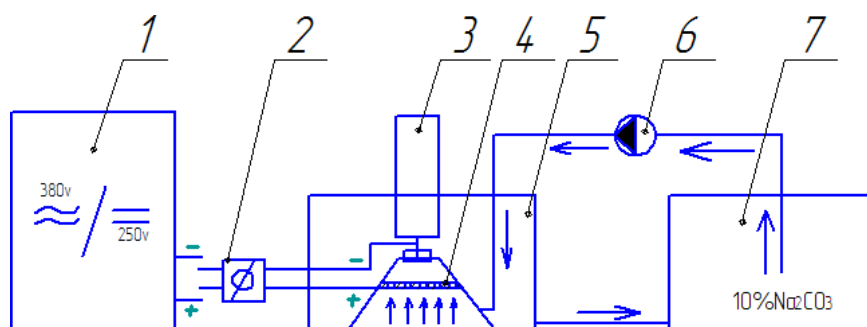
Бірақ химиялық құрамы емес фазалар анықталатын атап өту керек, алайда сол немесе басқа фазалардың қосымша элементтік құрамы жайлы мәліметтер берілсе соңғысын шығаруға болады. Зерттелетін материалдың химиялық құрамы белгілі болса сапалы фазалық талдаудың тапсырмасы жеңілдейді себебі ол кезде берілген жағдайдағы фазадағы мүмкін болатын болжамдарды жасауға болады.



### 3 Тәжірибелік бөлім

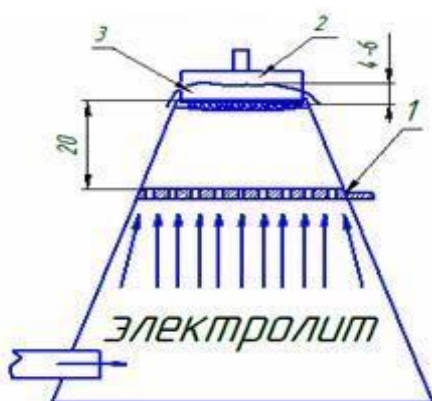
#### 3.1 Электролиттік-плазмалық лабораториялық қондырғының құрылысы

Электролитті-плазмалық өндеуді лабораториялық қондырғысында жүзеге асырған (17-сурет). Нәр беруші 1 болып шығу параметрлері бар түзеткіш – ИПН160/600-Ш қызмет етті: кернеу  $U=250$  В, ток күші  $I=1$  кА. Электролит -  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  кальцийлендірілген содасының 10% су ерітіндісі. Резервуардан 7 электролит берілісі 12X18H10T тот баспайтын болаттан тұратын анод қойылған пішіні конустық шүмекке 4 сорғы 6 арқылы жүреді. Жұмыс ваннасынан 5 электролит қайтадан резервуарға 7 берілген. Үлгінің беріктетілуі периодты қыздыру және сұйық электрод (электролит) пен катод бетінің (үлгі) арасында пайда болатын, плазма қабатындағы электр потенциалы есебінен оның сыртқы қабатын салқындату жолымен жүзеге асырылған. Электролитті-плазмалық өндеу тәртібі анықталған: кернеу  $U=200$  В, ток күші  $I=10$  А, өндеу уақыты 4 с, электролит ағынындағы шынықтыру уақыты 4 с, жалпы уақыт 2 мин.



17 Сурет - Электролитті-плазмалық өндеу үшін қондырғы сұлбасы:

1–нәр беруші; 2– басқару құрылғысы; 3– дайындаманы қондыру мен қысқыш механизм; 4– электролитті-плазмалық өндеуге арналған шүмек; 5– жұмыс ваннасы; 6– сорғы; 7– электролит үшін резервуар.



Сол жағынан – шүмек схемасы, оң жағынан – өндеу барысындағы плазма

18 Сурет - 20X болат үлгісін электролитті-плазмалық суаруы

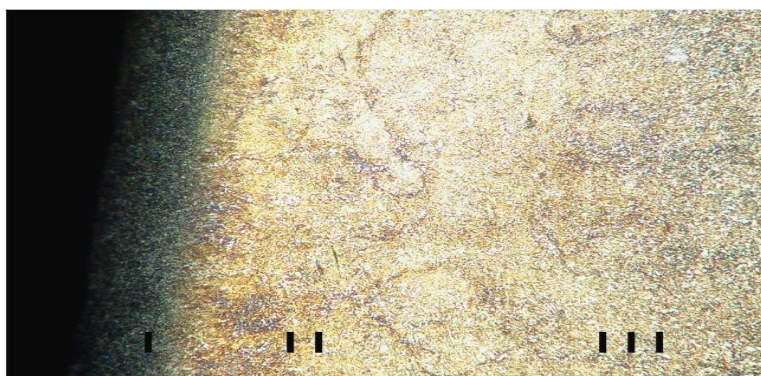
ЭПӨ мәні келесіде: катод 2 (18-сурет) - 20Х болатының үлгісі 4-6 мм тереңдікке  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10% су ерітіндісі электролитіне салынады. Диматерті 50 мм қалыңдығы 2 мм болатын диск пішініндегі Ø4 мм бұрғыланған саңылаулары бар анод 1 12Х18Н10Т тот баспайтын болаттан даярланған. Плазма 3, катод және сұйық электролит арасында туындайды.

### 3.1.1 Бұрғы инструментін электролитті-плазмалық өңдеу

Электролиттік-плазмалық өңдеу шараларының тиімді шарттарын сұрыптау үшін толық көп факторлы тәжірибе жоспары іске асырылған. 2 – кестеде қазіргі уақыттағы өзара байланыста зерттеліп белгіленген беріктік сапасының көрсеткіштеріне ерітілген судағы  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  кальцийндірілген соданың 10%- электролитті қолдануы кезінде электрлік, технологиялық матрица әсері көрсетілген. Берілген матрицаның анализі бойынша барлық қаралған ЭПӨ факторларының режимдері болаттың беттік беріктік көтерілуінің сапасына әсерін тигізетінін көруге болады. Бірақ негізгі технологиялық параметрлер мысалы беріктік қалыңдығы, микроқаттылық, қажуға төзімділіктердің бәрі – қыздыру уақытына, шынықтыру уақытына, кезеңдер санына және тоқ кернеуін анықтайтын қыздыру температурасына тәуелді. Кезеңдер саны белгілі бір қалыңдықта болаттың қызғанын анықтайды, сонымен қатар алып тастауға болатын жылуөткізгіштілігімен теңгеріледі.

Қыздыру уақыты фазалық өзгерудің негізгі параметрі болып табылады, 20Х болат үшін 840-860 °С-қа тең.

Электро – плазмалы өңдеуден өткен дайындаманың көлденең қимасында үш зона байқалады (19 сурет). Плазманың циклді жоғары температура әсерінен пайда болған құрылымды – фазалық ауысым, өңделген беттің микроқұрылымы – (I зона) 100 мкм қалыңдықты күнгірт қабатпен сипатталады. Ерекше мәнді РЭМ тәсілі арқылы тіркелген, электролит және анодтан плазмалық ағынмен масса - тасымалдау активендірілген легіріленген элементтерге аудару керек. Масса - тасымалдау сөзінің астарында – қатты денеге байланысты заттардың сыртынан немесе ішінен орын ауыстыруы [10].



19 Сурет - ЭПӨ – дан кейінгі 20Х болаттың көлденең қимасының құрылымы көрсетілген

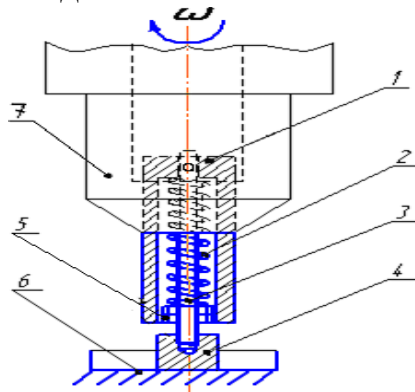
Ерекше мәнді РЭМ тәсілі арқылы тіркелген, электролит және анодтан плазмалық ағынмен масса - тасымалдау активендірілген легіріленген элементтерге аудару керек. Масса – тасымалдау сөзінің астарында – қатты денеге байланысты заттардың сыртынан немесе ішінен орын ауыстыруы. Күңгірт қабаттың астында (II зона) кіші түйіршікті пластикалық мартенситті кластық құрылымы байқалады, артынан ол бастапқы перлитті – ферриті құрылымға көшеді (III зона).

Электролитті – плазмалы өңдеу 1000...1700 мкм қалыңдығы бар қабатты алуға мүмкіндік береді. Орнықтырылған мартенситті құрылым зонасының көлденең қимадағы микро – қаттылығы 7000 МПа тең болды. Өңделген беттен арақашықтық үлкейген сайын микро – қаттылық біркелкі бастапқы қалыпқа дейін түседі, орташа алғанда ол өлшем 3000МПа ға жетеді.

Бастапқы үлгіге қарағанда АҚ «УЗПА» - да термиялық өңдеуден өткен болат үлгісінің тозуы аздау, бірақ ЭПӨ – мен салыстырғанда тозу төзімділігі төмендеу. Абразивті қажауға қарсылықты көтеретін ЭПӨ – дан өткен үлгі тозуға төзімділігі жоғары. Осылайша, өткізілген анализ негізінде, бұрғы қашауының бөлшектерінің беріктілігін электро – плазмалы өңдеу арқылы көтеруге болатынына толықтай көз жеткіземіз. Мұндай өңдеу түрінің басымдылығы: автошынықтыруда үлкен жылдадықтарды, аз энергия қорымен алу, қарқынды қуат негізінде істейтін, қиын конфигурациялы бөлшектерді локальді өңдеу, процессті іске асыру қарапайымдылығы.

### 3.1.2 Электролитті плазмалық өңдеуден кейін 20Х болатынан жасалған бұрғы инструментінің құрылысы мен қасиеттері

Абразивті тозуға төзімділікке тексеру маңыздылығы (Г-қосымшасы) келесімен бекітіледі: станинада немесе табанда 1 орнату тұрығына 5 серіппенмен 2 тірелетін штокқа 3 бекітілген, тексерілетін үлгі 4. Тексерілетін үлгі 4, айнала отырып  $P=15Н$  күшімен серіппенің 2 сығуы барысында белгілі бір уақыт аралығында абразивті 6 ортаға үйкеледі. Одан ары, тексерілетін үлгі ауыстырылады, ал тексеру шаралары қайталанады және содан соң олардан алынған нәтижелер салыстырылады.

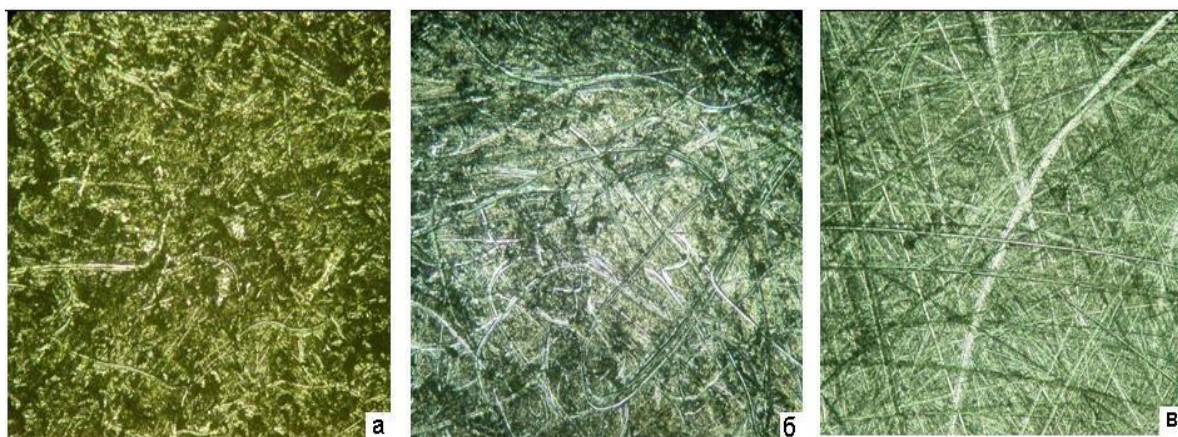


1 – станиндар, 2 – қысатын серіппе, 3 – шток, 4 – сыналатын үлгі,  
5 – қондырғының тұрқысы, 6 – сынау орталары, 7 – айналудың жетегі.

20 Сурет - Үлгілерді үйкеліске төзімділікке сынайтын лабораториялық қондырғының схемасы



Үш жұдырықшалы патрон, тік бұрғылау станогының шпинделіне орнатылады. Үлгілерді тексеру шараларын тіркелген арнайы берілісте жүргізді. Үлгілердің салмақтары өлшеу үшін, дәлдігі 0,1 mg болып келетін ВЛ-120 электронды таразылары қолданылды.



а –ЭПӨ дан кейін, б – «ВКМЗ» АҚ дағы термоөңделген, в – бастапқы күйде.

21 Сурет - Абразивті үйкеліске төзімділікке сынағаннан кейінгі 18ХНЗМА-Ш болат үлгілерінің микро бедері, x100

Тозуға төзімділікке тексеру шараларынан кейінгі болат үлгісінің ЭПӨ тозған беткі бөлігіндегі микробедер (21,а-сурет), анағұрлым аз абразивті тозуға дәлел болады [11].

Егер ұсақ түйірлі марсентит бар болса, онда берік беткі құрылым пайда болады, ол дегеніміз абразивті тозудың ең күрделі формаларының өзінде де (тәжірибе жұмыстары аумағында) бұзылымға ұшырамайды, сонымен қатар бұзылымдардың ауқымды ошақтарының түзілуін тоқтатады. Ең жоғары тозу, өңделмеген бастапқы болат үлгісінде байқалады (21,в-сурет). Перлит-ферритті құрылым, абразивпен жеңіл үйкеледі. Ол дегеніміз, термиялық тұрғыда өңделмеген болаттың тозуға төзімділігінің төмендігі жайлы мәліметті растайды. «ВКМЗ» АҚ-да термиялық түрде өңделген болат үлгісінің тозуы, бастапқы үлгімен салыстырғанда анағұрлым төмен (21,б-сурет), дегенмен, ЭПӨ үлгісімен салыстырғанда тозуға төзімділік бойынша анағұрлым артта қалады.

Кесте 2 - 20Х болаты үлгісінің тозуға төзімділік мәні

Болат	Өңдеу түрі	Hv, МПа	Тозуға төзімділік mg/час
20Х	ЭПӨ	6817	54,4
	Келесі шыңдалу цементтелу	6298	100,4
	Бастапқы жағдайда	3271	150,0

ЭПО-дан кейінгі үлгі ең жоғары тозуға төзімділікке ие және 2 - кестеден көрініп тұрғандай, болаттың абразивті үйкелуіге қарсылығы жоғарылайды [12].

Алынған мәліметтерді негізге ала отырып, электролит-магнитті өңдеу шараларының бұрғы инструментінің тозуға төзімділігін жоғарылататындығын айта кетуімізге болады. Яғни ол кезде еңбек пен энергия мөлшері аз кетеді және соның арқасында бұйымның өзіндік құны толығымен төмендейді.

Зерттеу шараларын негізге ала отырып, электролитті-плазмалық өңдеу шараларынан кейін, 20Х болаты үлгілерінің абразивті тозуға төзімділігі, «ВКМЗ» АҚ өңдеген, ұқсас түрдегі үлгінің тозуға төзімділігінен кемінде екі есе асып түсетіндігін дәлелдеді.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жобада болаттан жасалған құрал – жабдықтардың беріктігін арттыру технологиясын жасау мақсатында түрлі өңдеулер жүргізілді. Зерттеу барысында Электролитті – плазмалық өңдеудің тиімділігі байқалды. ЭПО режиміне байланысты аз легіріленген болат үлгілерінің беткі қабаттарының құрылысы мен фазалық құрамының өзгеру заңдылықтары зерттелді.

ЭПО–ден өткен азкөміртекті және азлегіріленген болаттардың беткі қабаттарының құрылысы екі бөліктен тұратыны анықталды. Болаттардың бетінде алдымен қалыңдығы шамамен 100 мкм болатын, құрылысы айқын көрінбейтін, ЭПО–дің әсерінен физика-химиялық тұрғыдан айрықша өзгерген (легіріленген, шыныққан т.б) қабат пайда болады. Оның астында мартенситтік қабат құралады. Одан соң, ол бірте-бірте негізгі феррит-перлиттік құрылысқа өтеді. Фазалық құрамы, құрылысы және қасиеттері өзгерген беткі қабаттың жалпы қалыңдығы 1000-1700 МПа жетеді.

Өңдеу кезінде болаттың беткі қабатының құрылысы мен қасиеттерінің өзгеру механизмі анықталды; кальцилендірілген соданың ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) судағы ерітіндісі арқылы электр тоғын өткізгенде, электр-газдық разрядтың нәтижесінде плазма пайда болады. Жоғары температуралық плазманың құрамында пайда болатын көміртегі иондары болаттың беткі қабатына диффузиялық жолмен еніп, карбидтік фазалар құрады.

ЭПО кезіндегі болаттың беткі қабатының сапасына әсер ететін негізгі факторлар: ток кернеуі, қыздыру және шынықтыру уақыты; қыздыру температурасының ток кернеуіне, қыздыру және суыту уақытына тәуелділігі анықталды:  $T = 4,5xt_{\text{кыз}}^2 + 4,8xU - 18xt_{\text{суыт}}$ .

Шынықтырылған қабаттың қалыңдығы мен қаттылығының ЭПО–дің режимдеріне байланыстылығы анықталды. 20X болатының электролитті плазмалық өңдегеннен кейінгі қаттылығы және олардың абразивті үйкеліске төзімділігі бастапқы шамаларына қарағанда 2 есе жоғары болатындығы анықталды.



## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТ:

- 1 Болховитинов Н.Ф., Болховитинова Е.Н. Атлас макро и микроструктур металлов и сплавов: Учебное пособие Для втузов. - 3-с изд., перераб, и доп. - М.: Машиностроение, 1964. - 102 с.
- 2 Гуляев А.П., Металловедение: Учебник ДЛlЯ Вуз0В. - 6-е ИЗД., перераб. и доп. - М. Металлургия, 1986. - 542 с.
- 3 Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение: Учебник для втузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1990. - 528 с.
- 4 Материаловедение: Учебник для втузов. Арзамасов Б.Н., Сидорин И.И., Косолапов Г.Ф. и др./ Под общ. ред. Б.Н.Арзамасова. - 2-е ИЗД., испр. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 384 с.
- 5 Мозберг Р.К. Материаловедение: Учебное пособие для втузов - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1991. - 448 с.
- 6 Новиков И.И. Теория термической обработки металлов: Учебник ДЛlЯ вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Металлургия, 1986. - 480 с.
- 7 Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И. Материаловедение: Учебник Для вузов - 3-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Химиздат, 2004. - 736 с.
- 8 Сүлеймен Е.Б. Материалтану: Оқулық. - Павлодар: С.Торайғыров атындағы ПМУ ғылыми баспа орталығы, 2006. - 260 б.
- 9 Сүлеймен Е.Б. Металтану және термиялық өңдеу: Оқулық. - Астана: С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің баспасы, 2012.- 248 б.
- 10 Травин О.В., Травина Н.Т. Материаловедение: Учебник дия втузов. - М.: Металлургия, 1989. - 384 с.
- 11 Егоров А.В. Электрометаллургия стали и спецэлектрометаллургия. Электроплавильные печи черной металлургии: Учеб. пособие. - М.: МИСИС, 2007.-428 с.
- 12 Луценко В.Т., Павлов В.А., Мысик В.Ф. Технология выплавки электростали в дуговых печах: Учебное пособие. - Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006.-81с