

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

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

Инженерлік физика кафедрасы

Қалқожа Ақмарал Бауыржанқызы

«09Г2С болатының механикалық қасиеттеріне термиялық өңдеу  
температурасының әсері»

### **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**

Кафедра меңгерушісі  
«Инженерлік физика»  
кафедрасы

PhD доктор

 Р.Е. Бейсенов

«20» мамыр 2019 ж.

### ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «09Г2С болатының механикалық қасиеттеріне термиялық өңдеу температурасының әсері»

5B071000 – «Материалтану және жаңа материалдар технологиясы» мамандығы

Орындаған

Қалқожа Ақмарал

Пікір беруші:

PhD доктор

 Омарбекова А.О.

«20» мамыр 2019 ж.

Ғылыми жетекшісі:

PhD доктор

 Телешва А.Б.

«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

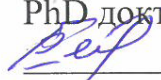
5B071000 – «Материалтану және жаңа материалдар технологиясы»  
мамандығы

**ҚОРҒАУҒА**

**ЖІБЕРІЛДІ**

Кафедра меңгерушісі  
«Инженерлік физика»  
кафедрасы

PhD доктор

 Р.Е. Бейсенов

« 20 » мамыр 2019 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: *Қалқожа Ақмарал*

Тақырыбы: *09Г2С болатының механикалық қасиеттеріне термиялық өңдеу температурасының әсері*

Университет ректорының «21» қараша 2019 ж. №1252-б бұйырығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі « 20 » мамыр 2019 ж.

Дипломдық жобаның бастапқы берілістері: *диплом алдындағы практикада алынған тәжірбиелер, ғылыми дереккөздер.*

Дипломдық жобада қарастырылған мәселелер:

а) *09Г2С болатының механикалық қасиеттеріне термиялық өңдеу температурасының әсерін анықтау*

б) *термиялық өңдеудің әр түрлі режимінде температураның әсерінен өзгеріске ұшыраған қасиеттерді анықтау*

Ұсынылған негізгі әдебиет атауы: *Чумаков Е.В., Жансеркеева З.А.*



*Экспериментальное изучение деформационного упрочнения металлов и сплавов на неустановившейся стадии ползучести. – Астана, «Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева», №4 (56), 2007, 117 с. Чумаков Е.В., Жансеркеева З.А.*

*«Деформационное упрочнение алюминия и титана». - Алматы, «Вестник КазАТК», №3, 2008, с.97.*

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 (жоба) 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	Телешева А.Б. PhD доктор		
Нормоконтролер	Телешева А.Б. PhD доктор		

Ғылыми жетекші

 Телешева А.Б.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы

 Қалқожа А.

Күні

«20» мамыр 2019 ж



## РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс

Қалқожа Ақмарал

5B071000 -Материалтану және жаңа материалдар технологиясы

Тақырыбы: 09Г2С болатының механикалық қасиеттеріне термиялық өңдеу температурасының әсері

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. Жұмыс барысында болаттың механикалық қасиеттеріне термиялық өңдеу температурасын анықтау мақсатында термиялық өңдеудің ішіндегі механика-термиялық өңдеу арқылы өңдеу жүргізілген.

Қалқожа Ақмарал дипломдық жұмыстың тақырыбы бойынша әдеби шолу жасалынған.

Ескертулер :

1. Жұмыстың мазмұнында статистикалық және грамматикалық қателіктер кездеседі, кейбір кестелерге сілтемелер дұрыс келтірілмеген;
2. Аз көміртекті кешенді легіріленген болат маркасымен салыстыру керек еді;
3. Бөлімдердің бір-бірімен логикалық байланысы толық емес;
4. Шағынқұрылым суреттерінде масштаб көрсетілмеген;
5. Ізденуші дипломдық жұмысқа қатысты және теориялық сұрақтарға дайындығын толықтыра түсу қажет

### ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Қалқожа Ақмарал дипломдық жұмысын 70% -ға (жақсы) бағалауға болады деп санаймын, ал студент 5B071000 «Материалтану және жаңа материалдар технологиясы» мамандығы бойынша бакалавр академиялық квалификациясын алуға мүмкіндігі бар.

**Рецензент**

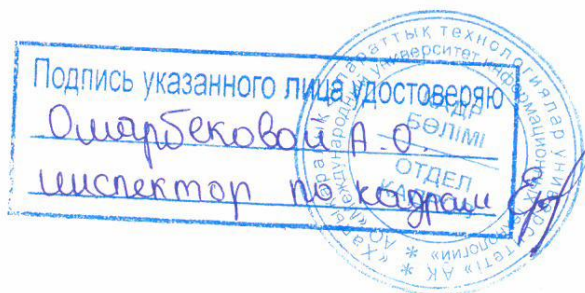
PhD доктор,

«Компьютерлік инженерия және  
ақпараттық қауіпсіздік» кафедрасының  
ассистент-профессоры



Омарбекова А.О.

«05» 05 2019 ж.



Қалқожа Ақмаралдың 5В071000 – «Материалтану және жаңа материалдар технологиясы» мамандығы бойынша «09Г2С болатының механикалық қасиеттеріне термиялық өңдеу температурасының әсері» тақырыбына жазылған зерттеу жұмысына

### ПІКІР

Бұл дипломдық жұмыста конструкциялық 09Г2С болатының термиялық өңдеудің әртүрлі режимдерінде механикалық қасиеттерінің өзгерісі көрсетілді. Термоөңдеу температурасының 09Г2С болатының аққыштық шегіне, беріктілік шегіне және икемділік қорына әсері зерттелді. Сонымен қатар 09Г2С болат дәнінің өзгеруіне алдын ала пластикалық деформация және термоөңдеу деңгейлерінің әсері анықталынған. 09Г2С болаттың микроқаттылығына пластикалық деформация шамасы зерттелді. 09Г2С болатты прокаттау бойымен және көлденең ішкі және сыртқы қабаттардың ағымдылық шегіне және уақытша кедергісіне пластикалық деформация деңгейлерінің әсері анықталды.

Жұмыс барысында теориялық және қазіргі заманғы тәжірибелік әдістерді (соның ішінде металдың микроқаттылығын және механикалық қасиеттерді қаттылыққа сынау) және термиялық өңдеудің әсері металдың механикалық қасиеттеріне байланысты зерттелді.

Ғылыми зерттеулердің нәтижесінде 09Г2С болатының механикалық қасиеттерінің термиялық өңдеу кезінде өзгерісі, оның қандай фазаларда өзгеріске ұшырайтыны, сонымен қатар термиялық өңдеуге дейінгі және кейінгі құрылымы зерттелді.

Дипломдық жұмыстың көлемі: 35 бет, 18 сурет, 6 кесте, 2 сұлба және 15 әдебиет тізімі.

Жұмысты орындау барысында Қалқожа Ақмарал тақырыпқа қатысты әдеби ізденіс жасаумен шектелді. Жұмыс жайлы толық зерттеулерге қатысқан жоқ.

Қалқожа Ақмарал «09Г2С болатының механикалық қасиеттеріне термиялық өңдеу температурасының әсері» тақырыбына жазылған зерттеу жұмысына дайындығы болған кезде ғана қорғауға ұсынуға болады деп санаймын.

Ғылыми жетекші:  
«Инженерлік физика» кафедрасының  
лекторы, PhD



Телешева А.Б.

## КІРІСПЕ

**Жұмыстың жалпы сипаттамасы.** Дипломдық жұмыс 09Г2С болатының механикалық қасиеттеріне (беріктік, қаттылық, серпімділік, тұтқырлық, аққыштық шегіне) термиялық өңдеу температурасының әсерін анықтауға арналған.

Қазіргі уақытта 09Г2с болаты төмен легіріленген және аса маңызды, жауапты бөлшектер мен бұйымдарды дайындау үшін қолданылатын легіріленген болат.

09Г2С болат конструкциялық төмен қоспаланған болат және негізінен құрылыста, магистральдық мұнай және газ құбырларында, кеме жасауда, вагон жасауда дәнекерленген конструкциялар үшін қолданылады. Осы маркадағы болаттан жоғары қысым кезінде, қалыпты, төмен және жоғары температураларда жұмыс істейтін құбыржолдардың бөлшектерін дайындайды.

Жұмыс барысында теориялық және қазіргі заманғы тәжірибелік әдістерді (соның ішінде металдың микроқаттылығын және механикалық қасиеттерді қаттылыққа сынау) және термиялық өңдеудің әсері металдың механикалық қасиеттеріне байланысты зерттелді.

Ғылыми зерттеулердің нәтижесінде 09Г2С болатының механикалық қасиеттерінің термиялық өңдеу кезінде өзгерісі, оның қандай фазаларда өзгеріске ұшырайтыны, сонымен қатар термиялық өңдеуге дейінгі және кейінгі құрылымы зерттелді.

**Зерттеудің маңыздылығы.** Жұмыс барысында болаттың механикалық қасиеттеріне термиялық өңдеу температурасын анықтау мақсатында термиялық өңдеудің ішіндегі механика-термиялық өңдеу арқылы өңдеу жүргізілді. Өнеркәсіптік масштабтарда механикалық қасиеттерінің жоғары кешені бар ультратүйіршікті (УМЗ) және нанокристалды (НК) күй алу қазіргі заманғы металлтану өзекті міндеті болып табылады. Осыған байланысты соңғы уақытта мұндай материалдарды алу жолдары белсенді дамып келеді. Материалдардың құрылымын диспергірлеу әдістерінің бірі- суық радиалды соғуды және кейіннен жасытуды қамтитын механикалық-термиялық өңдеу болып табылады. Радиалды соғу жоғары дәлдіктегі ұзынөлшемді соғулар үшін өнеркәсіптік жағдайларда деформацияның жоғары дәрежесін қамтамасыз етеді, сонымен қатар кесілетін фасонды қыртыстарды пайдалану арқасында деформацияның жоғары бытыраңқылығы жетеді. Соғу кезінде деформацияның жоғары дәрежелерін жинақтаумен деформация ошақтарының бірнеше рет жабылуы орын алады. Кейіннен күйдіру дисперсті құрылымды қалыптастыру рекристаллизациялық процестердің дамуын тудырады.

Осылайша, бұл жұмыстың мақсаты механикалық-термиялық өңдеудің әр түрлі кезеңдерінде конструкциялық болаттың құрылымы мен қасиеттерінің қалыптасу заңдылықтарын зерттеу болып табылады.

### **Жұмыстың мақсаты.**

1. Термоөңдеу температурасының 09Г2С болатының ағымдылық шегіне, беріктілік шегіне және икемділік қорына әсерін зерттеу.

2. 09Г2С болат дәнінің өзгеруіне алдын ала пластикалық деформация және термоөңдеу деңгейлерінің әсерін зерттеу.

3. 09Г2С болаттың микро қаттылығына пластикалық деформация шамасын зерттеу.

4. 09Г2С болатты прокаттау бойымен және көлденең ішкі және сыртқы қабаттардың ағымдылық шегіне және уақытша кедергісіне пластикалық деформация деңгейлерінің әсері.



## 1.1 Болат және оның классификациясы

Болат - темір, көміртек және басқа элементтердің металл қорытпасы. Әдетте, сапалы болат құрамында 2,14% көміртегі жоқ. Көміртек темірге беріктік беру үшін қосылады, себебі ол темірдің икемділік деңгейін төмендетуге және оны сыртқы әсерлерге төзімді етуге мүмкіндік береді. Болат темір мен көміртекті ғана емес, сонымен қатар басқа да қоспалы элементтерді қамтуы мүмкін.

Әдетте, тек 45% темірден тұратын металл болат деп аталады. Болат машина жасау және аспап жасау саласында кеңінен қолданылады. Болаттан үй тұрмысындағы көптеген заттар, бөлшектер мен аспаптар жасалады.

Болатты жіктеу және таңбалау

Жіктеудің жолдары көп болды. Төменде жиі қолданылатын болаттың жіктелуін атап өтеміз.

Болаттың мақсаты бойынша жіктелуі. Жіктеудің осы түрінің санаттарында көптеген санаттар бар, олардың ішінде: аспаптық, коррозиялық-тұрақты, ыстыққа төзімді, криогендік және конструкциялық болат.

Болаттың химиялық құрамы бойынша жіктелуі. Химиялық құрамы бойынша болат көміртекті және қоспаланған болып бөлінеді. Өз кезегінде көміртекті болат үш түрге бөлінеді: төмен көміртекті, Орташа көміртекті және жоғары көміртекті. Легирленген болат бірнеше түрге бөлінеді: төмен легирленген, орташа легирленген және жоғары легирленген.

Болаттың сапасы бойынша жіктелуі. Сапасы бойынша болат бөгде металл емес қоспалардың құрамына байланысты бөлінеді және ерекше сапалы, жоғары сапалы, сапалы немесе қарапайым болуы мүмкін.

Болаттың құрылымы бойынша жіктелуі. Металдың құрылымы әртүрлі болуы мүмкін. Болат құрылымы бойынша жіктеледі: феррит, аустенит, мартенсит, бейнит, перлит.

09Г2Г болаттан жасалған әртүрлі күрделіктегі болаттардың осы түрінен жасалған дәнекерленген конструкциялары өте қажет. Металл дәнекерлеудің кез келген тәсілі кезінде икемділік қасиеттерін жоғалтпайды. Сондықтан әртүрлі өндірістік мамандықтар шеберлері 09Г2С болатпен жұмыс істеуді жақсы көреді. Бу қазандары, өнеркәсіпте қолданылатын күрделі жылу жағдайларында жұмыс істеуге арналған әртүрлі жабдықтар – осының бәрін берік және пластикалық 09Г2С болаттың көмегімен дайындайды.

## 1 Негізгі бөлім

### 1.2 09Г2С болаты

Өндірістің тиімділігін арттыру материалдық және қаржылық шығындарды азайтуға және бұйымдардың сапасын арттыруға бағытталған технологияларды жетілдіруге мүмкін емес. Нарықтық экономика жағдайында бұл факторлар энергия сыйымдылығымен қатар анықтаушы болып табылады.

Бірақ бар технологияларды жетілдіру және жаңа технологияларды жасау конденсацияланған ортаның табиғаты туралы білімді тереңдетпей және олардың сыртқы факторлардың қасиеттеріне әсер етпей мүмкін емес. Осы себепті металл бұйымдарын өндірудің оңтайлы технологияларын таңдауды материалтану қамтамасыз ету практикалық және ғылыми тұрғыдан маңызды болып табылады.

Темір негізіндегі қорытпаларға келетін болсақ, бұл материалдарды өнеркәсіптік өндірісте пайдалану ауқымы өте кең. Олар машина жасаудың барлық салаларында қолданылатын конструкциялық металдарға жатады. Оларды құрылыс конструкцияларында, Кеме жасауда, темір жол және автомобиль көлігінде, Мұнай және химиялық машина жасауда, электротехникада және басқаларда қолданады.

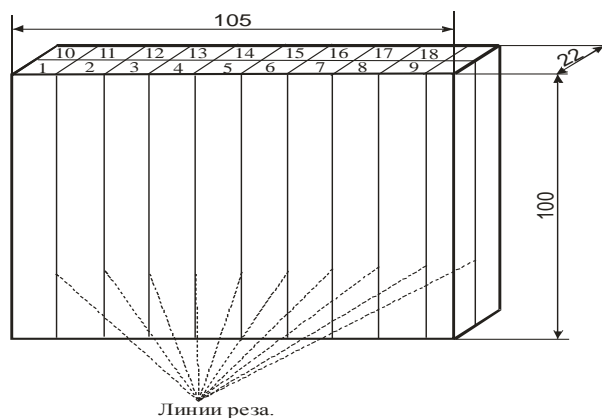
Мұндай материалдардың бірі - "Белкамит" зауыты қысыммен жұмыс істейтін ыдыстарды дайындау үшін конструкциялық ретінде орындалатын 09Г2С аз көміртекті болат. Ол "Белкамит" зауытымен бірлесіп ғылыми – техникалық жұмыстарды жүргізу туралы 2009 жылғы 15 ақпандағы шартқа сәйкес "металл өнімдерін өндірудің оңтайлы технологияларын таңдауды материалтану қамтамасыз ету" тақырыбы шеңберінде жүргізілген кешенді зерттеулердің объектісі болып табылады.

Дипломдық жұмыс қысқа мерзімді механикалық қасиеттерді анықтауды және микроқұрылымның жағдайын талдауды қамтиды. Анықталатын параметрлердің ішінде:

- аққыштық шегі,  $\sigma_{02}$ ;
- уақытша қарсыласу,  $\sigma_B$ ;
- беріктік қоры,  $\delta$ ;
- микроқаттылық, HV;
- түйірлердің орташа көлемі.

Үлгілерді дайындау.

Бірінші кезеңде қираған жерден фрагменттер кесіліп, онда кешенді зерттеулер жүргізілді. Механикалық сынақтарға арналған үлгілер 1-суретте көрсетілген схема бойынша дайындалды.



1-18 нөмірлермен үлгілер үшін дайындамалар белгіленген.  
1 Сурет - Үлгілердің дайындамаларын алу үшін түп фрагментін бөлу схемасы

Өңдеу су ерітіндісімен қарқынды салқындатылатын абразивті шеңберлермен жүргізілді. Бұл ретте, сыртқы жағына жапсарлас болаттан (1-ден 9-ға дейінгі сандармен белгіленген дайындамалар) және ішкі бетіне жапсарлас болаттан (дайындамалар 10-нан 18-ге дейінгі сандармен белгіленген) алынған дайындамалар бөлінді. Бұл келесі ойдан жасалды. Түптің дайындамасының материалы деформацияға ұшырайды – иілу (және ішінара қысу). Сондықтан металдың сыртқы қабаттары созылу кернеулерін, ал ішкі қысу кернеулерін сынаған. Бұдан басқа, парақтың қалыңдығы 22 мм тең болған кезде ішкі және сыртқы көлемдердің деформация деңгейі әртүрлі болды және бұл материал құрылымында және оның механикалық қасиеттерінде өз көрінісін таба алмады. Неғұрлым дұрыс деректерді алу үшін мұндай бөлуді жасауға шешім қабылданды. Осы зерттеулерде сыртқы және ішкі беттерге жапсарлас материалдан жасалған үлгілер қолданылды.

Механикалық сынаулар үшін жұмыс бөлігінің өлшемдері 2x20 мм (он есе) және 2x10 мм (бес есе) цилиндрлік форманың үлгілері дайындалды. Мұндай үлгілердің бірі токарлық өңдеуден кейін 2-суретте көрсетілген.

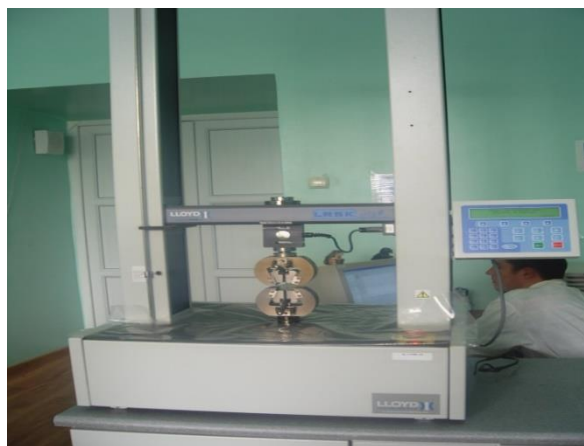


2 Сурет - Механикалық сынауға арналған 09Г2С болаттан жасалған үлгі

Токарлық өңдеуден кейін үлгінің жұмыс бөлігі микротүйірлерді жою және үстіңгі беттің жоғары тазалығы үшін тегістелді

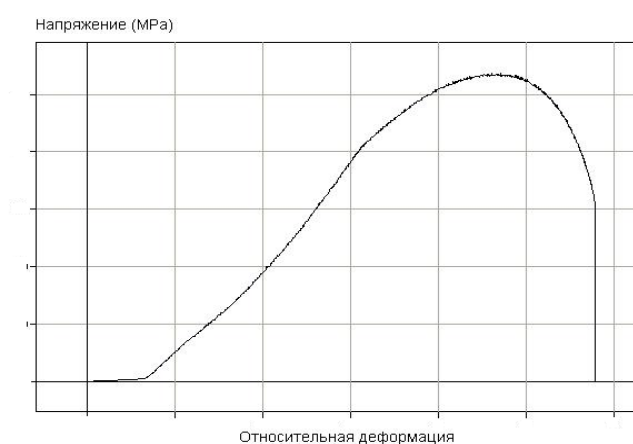
### 1.3 Тәжірибелік жабдықтар

Ағымдылық және уақытша қарсыласу шегін анықтау үшін созылу диаграммалары алынды. Сынақ 0.5 мм/мин тең тұрақты жылдамдықпен бір осьтік созылу кезінде жүргізілді.



3 Сурет - Үзу машинасының жалпы түрі

Суретте көрсетілген үзу машинасы алынған созылу диаграммасын компьютерлік өңдеу бағдарламасымен жабдықталған. Диаграмманың типтік түрі 4-суретте көрсетілген. Мұндай диаграммаларды пайдалана отырып, ағымдылық шегінің шамалары, уақытша кедергі, салыстырмалы ұзару есептелді.

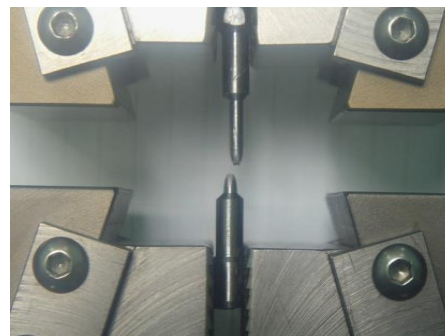
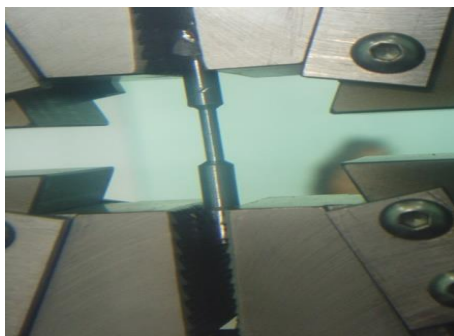


4 Сурет - Конструкциялық болат түзілуінің типтік диаграммасы

Үлгілердің бұзылуы жұмыс бөлігінде мойынның пайда болуымен өтті, бұл пластикалық деформацияның оқшаулануын көрсетті. Бұл 5-суретті растайды, онда машинаның басып алуларында үзілмеген және үзілген үлгі көрсетіледі. Мойынның пайда болу сәті созылу диаграммасында кернеудің төмендеуі учаскесінің басы сәйкес келеді. Барлық жағдайларда үлгінің үзілуі



жұмыс бөлімінің ортасында болған жоқ. Барлық сынақтар бөлме температурасында өткізілді. Бұл нақты бұйымның жұмыс шарттары.



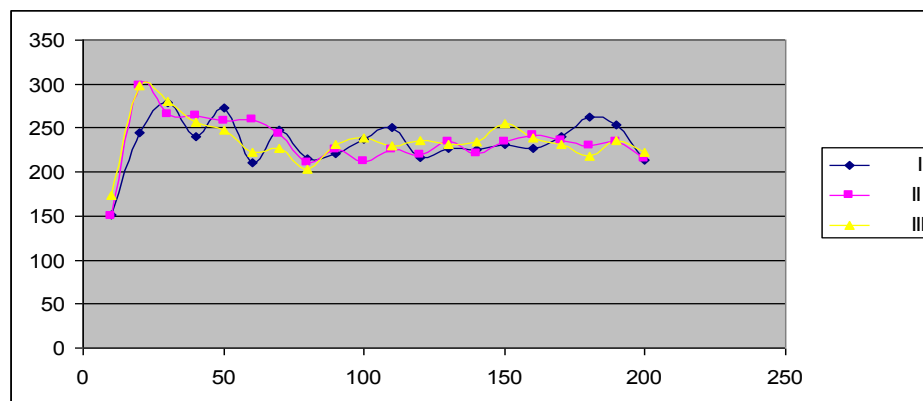
5 Сурет - Эксперименттік қондырғының қармауыштарындағы үзілмеген және үзілген үлгі

Микроқаттылықты анықтау.

Микроқаттылық ПМТ-3М моделінің микроқаттылықты өлшейтін құрал стандартты әдістеме бойынша анықталды. Бұл зерттеулерде Виккерс бойынша микроқаттылықты анықтау әдісі қолданылды. 6 және 7-суретте микроқаттылықты өлшейтін құралдың жалпы түрі және микроқаттылықты өлшеудің типтік кестесі көрсетілген. Қаттылығы Виккерс бойынша анықталады сығу дұрыс төртқырлы пирамиданың әсерінен жүктемені өлшеу және диагональ іздерін анықтау. Жүктеме 10-нан 1000 Н-ға дейін өзгереді. Материал неғұрлым жұқа болса, соғұрлым аз жүктеме болуы керек. Виккерс бойынша қаттылық санын із диагоналінің көлемі бойынша арнайы кестелердің көмегімен анықтайды. Бұл әдіс жекелеген дәндердің немесе өте жұқа қабаттардың қаттылығын өлшеу үшін қолданылады.



6 Сурет - Микроқаттылықты өлшейтін құрылғының жалпы түрі ПМТ-3М



7 Сурет - Қоса берілген жүктемеден микроқаттылыққа тәуелділіктің типтік кестесі

Оптикалық микроскопия (металлография).

Микроқұрылымды зерттеу әдетте арнайы дайындалған үлгіні (шлифті) қарастырудан басталады. Реактивтермен өңдегеннен кейін үлгі әртүрлі ұлғайған кезде зерттеледі.

Металлографиялық микроскоп механикалық, оптикалық, жарықтандыру жүйелері мен фотографиялық аппаратураны қамтитын өте күрделі құрылғы бар.

09Г2С қорытпасы үлгілерінің микротруктурасын зерттеу жүргізілген микроскоптың жалпы түрі 8-суретте көрсетілген.

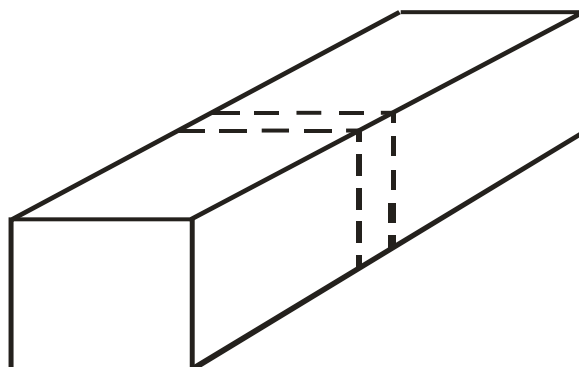


8 Сурет - Микроскоптың жалпы түрі

Тәжірибелік нәтижелер және оларды талқылау.

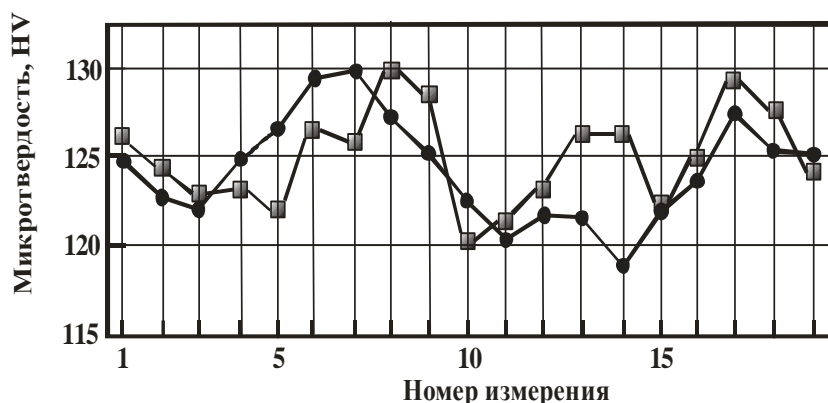
Жұмысты орындау кезіндегі қиындықтардың бірі жеткізу жағдайында материалдың болмауы болды. Оның ішінара шешімімен аз қалыпталған бөліктен үлгілерді дайындау және жасыту болды. Жасыту мынадай режимдерде жүргізілді: 600, 650, 700, 750 °C уақыт ұстай отырып 30 мин.әрбір жасытудан кейін үлгілерді микро қаттылығы өлшенді. Осылайша, болаттың құрылымы 30 минут ішінде 700 °C-та жасытқаннан кейін ең тепе-тең жағдайға ие екені

анықталды. Көрсетілген өңдеуден кейін материал ағымдылық шегінің ең аз мәні және ең жоғары илемділік болып табылады. Микроқаттылықты өлшеу схемасы 9-суретте көрсетілген.



9.Сурет - Микроқаттылықты өлшеу схемасы. Пунктир Өлшем сызығы көрсетілген

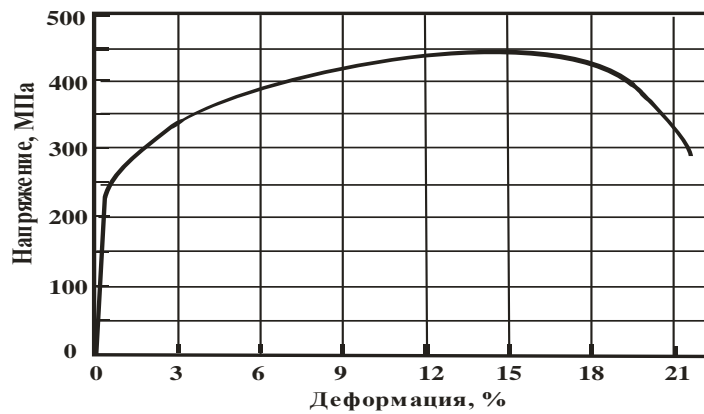
Ал 10-суретте үлгі көлемі бойынша микроқаттылықтың өзгеруін көрсететін кесте көрсетілген



10 Сурет - Бастапқы (жасытылғаннан) күйдегі екі үлгінің микроқаттылығын өзгерту кестесі

Микроқаттылықтың әртүрлі мәндері микроқұрылымдағы айырмашылықтармен байланысты (дәннің әртүрлі өлшемі, шекараның жағдайы, ақаулар және т. б.) Ең үлкен практикалық маңыздылығы мен ақпараттылығы созылу диаграммалары бар. Ол 11-суретте көрсетілген.

Бірінші кезекте созылу диаграммасы осы болат сыныбы үшін 1–ші шолу бөлігінде келтірілген ұқсас қарапайым түрге ие екенін атап өту қажет. Есептік жолмен алынған  $\sigma_{02}$ ,  $\sigma_B$  уақытша қарсыласу шегі және  $\delta$  иілгіштік қоры термиялық өңдеу нәтижесінде алынған үлгі 09Г2С табақ болатына сәйкес келеді деп айтады.



11 Сурет - Жасытылған күйдегі 09Г2С болаттан жасалған үлгінің созылу диаграммасы. Сынау температурасы 20°C  
 $\sigma_{0,2} = 225$  МПа,  $\sigma_B = 447$  МПа,  $\delta = 20,3\%$  - ға өсті

300°C жұмыс кезінде алынған салыстыру үшін  $\sigma_{0,2} = 225$  МПа, ал анықтама деректері бойынша  $\sigma_{0,2} = 220$  МПа, ал уақытша кедергі тиісінше 447 МПа және 435 МПа. Әдеби деректерден әртүрлі қимадағы табақ болат үшін пластикалы қор 21% - ға тең екені белгілі. Осындай икемділік шамасы 11-сурет диаграммасында алынған. Осыдан, бұзылған түптің әртүрлі жерлерінен кесілген үлгілердің қысқа мерзімді механикалық қасиеттерін жасытылған түпті салыстыру қолайлы және жеткілікті дұрыс деп санауға болады.

## 2 Зерттеу әдістері

### 2.1 09Г2С болатының термиялық өңдеу

Термиялық өңдеу металдың қасиеттерін жақсартудың тиімді және арзан әдісі болып табылады. Біріншіден, ол қорытпаның құрамына қосымша химиялық элементтерді енгізуден аулақ болуға мүмкіндік береді, екіншіден, ол көп уақытты қажет етпейді. Болат жиі тірек конструкцияларында қолданар алдында жиі термиялық өңдеуге ұшырайды.

Шынықтыру. Қымбат химиялық элементтерді қорытпаның сипаттамаларын өзгертуге жол бермейді.

Босату. Металлдағы ішкі кернеуді азайту үшін қолданылады. Температураның арқасында қорытпа теңдесі жоқ күш пен қаттылыққа ие болады.

Жасыту. Ол болатты біркелкі құрылымды беруге көмектеседі, сондай-ақ оның икемділігін төмендетуге көмектеседі.

Зерттеу материалы ретінде келесі химиялық құрамның 09Г2С конструкциялық төмен көміртекті болат таңдалды, % (масс.1): 0,11 С; 0,50 Si; 1,26 Mn; 0,22 Cr; 0,14 Ni; 0,14 Mo; 0,005 S; 0,017 P.

Зерттелетін болаттан жасалған құбыр дайындамаларын алдын ала термиялық өңдеу термиялық жасытуда болады: 920°C температурадан суда шынықтыру, 30 минут ұстау уақыты 570°C температурада 1 сағат бойы суда



салқындатумен босату. Құбыр дайындамаларының суық пластикалық деформациясын минутына 1000 соққы жиілігімен sxp-16 радиалды-соғу машинасында үш өту кезінде жүргізді, дайындаманы өз осінің айналасына минутына 25 айналым жылдамдығымен, сомалық деформация деңгейімен 55% айналдырады.[1]

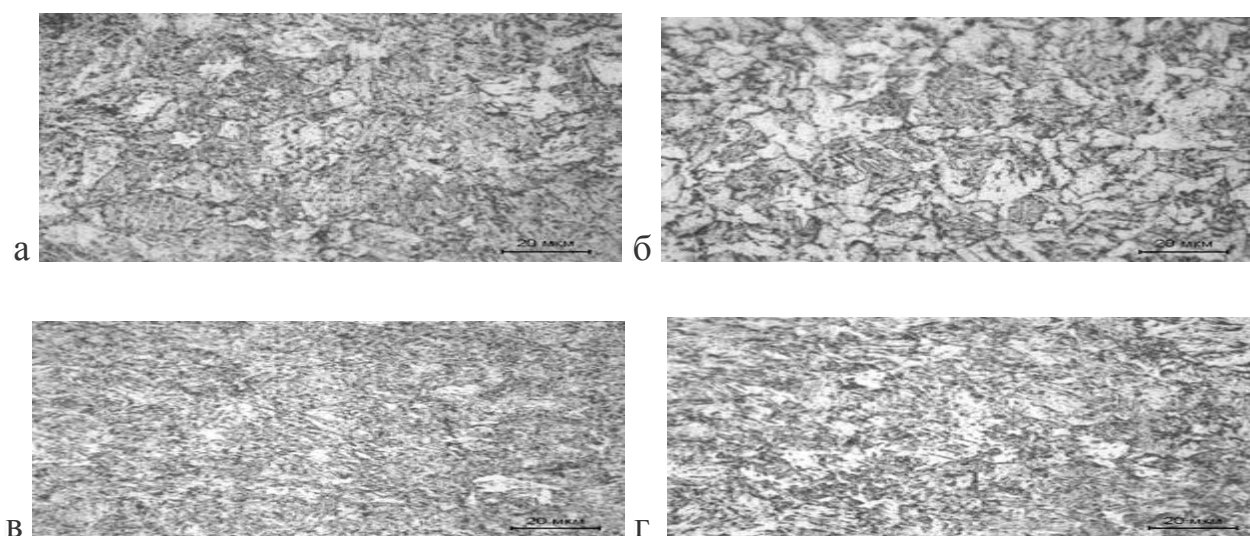
Зерттелетін болаттың микроқұрылымдарын Olympus GX51 жарық микроскопы арқылы микрошлифтерде зерттейміз. Микроқұрылымды анықтау үшін микрошлифтердің беті азот қышқылының 4% спирт ерітіндісінде уландырамыз. Болаттың жұқа құрылымын FEI Tecnai 20 G2 TWIN жарық түсіретін электронды микроскопында 200 кВ жылдамдату кернеуінде зерттейміз. Беріктік пен икемділік сипаттамалары бастапқы диаметрі 5 мм цилиндрлік үлгілерде, МЕМСТ 1497-73 талаптарына сәйкес, "INSTRON-SATEC 300 LX" статикалық сынауға арналған әмбебап гидравликалық жүйеде анықталған.

Соққы тұтқырлығына сынау 3 типті және 17 типті үлгілерде ГОСТ 9454-78 бойынша КМ-30 маятник копрінде бөлме температурасында жүргіземіз. Жарықты Дроздовскийдің вибраторында жағамыз.

Механикалық-термиялық өңдеу кезінде құрылымы мен қасиеттерінің қалыптасуын зерттеу үшін бастапқы термо жасатылған күйдегі 09Г2С төмен қоспаланған конструкциялық төмен көміртекті болат таңдалды. 55% дәрежесі бар радиалды соғу әдісімен термиялық жасытудан және суық пластикалық деформациядан кейін зерттелетін болаттың сыртқы және ішкі бетіндегі құбыр дайындамасының құрылымы 5, а және б-суретте көрсетілген.

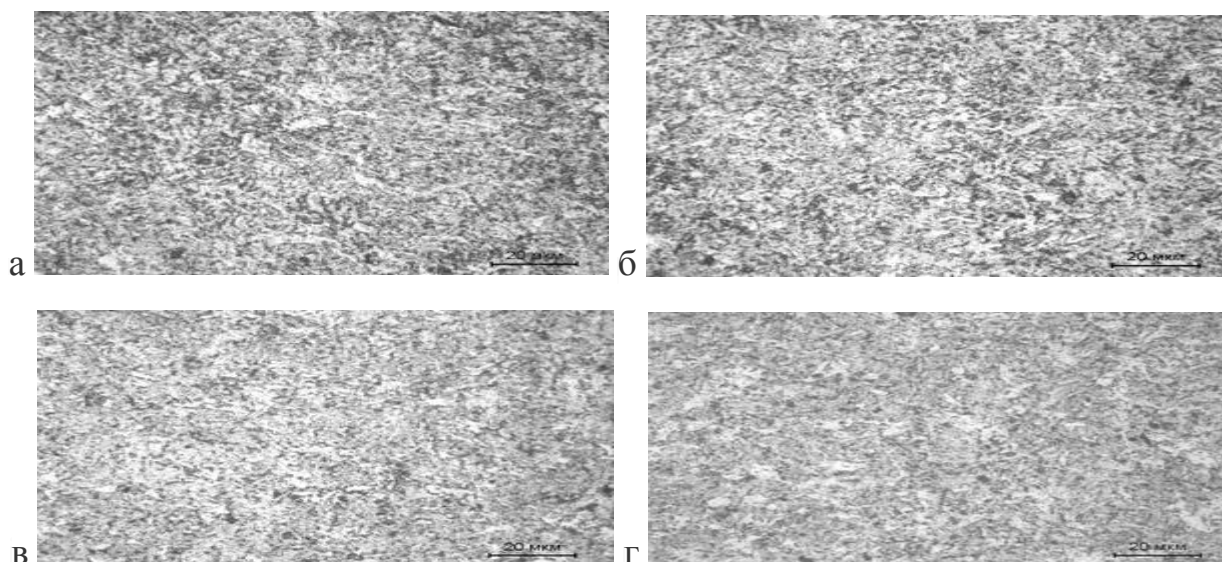
09Г2С болаттың термиялық жасытуынан кейін артық феррит фазасы бар босатудың сорбитінің құрылымы іске асырылады. Құбырдың сыртқы және ішкі бетіне жақын құрылым артық феррит фазасының санымен ерекшеленеді, бұл зерттелетін болаттың төмен қыздырғыштығымен түсіндіруге болады. Сыртқы бетіндегі құрылымдық еркін феррит фазасының саны шамамен 20% құрайды

(12 Сурет, а), ал ішкі – шамамен 50% (12 Сурет, б) дәрежесі бар радиалды соғу әдісімен суық пластикалық деформация 55% бастапқы терможақсартылған құбыр дайындамасының сыртқы және ішкі бетінің құрылысындағы құрылымдық айырмашылықтарды нивелирлейді (12 Сурет. В және Г) дэндер/субтүйіршіктер шекараларының үлкен санының пайда болуы есебінен құрылымдық бос феррит болат 09Г2С. Басқаша айтқанда, суықтай деформацияланған төмен қоспаланған болаттардың термиялық жақсарту ақауларын (мысалы, құрылымдық еркін феррит) диспергирлеу есебінен түзетуге мүмкіндік береді. Мұндай әсер суық пластикалық деформация кезінде құрылымның фрагментация процестерінің дамуы нәтижесінде зерттелетін болаттың құрылымы мен субструктурасының элементтерінің ұсақтауынан туындады.



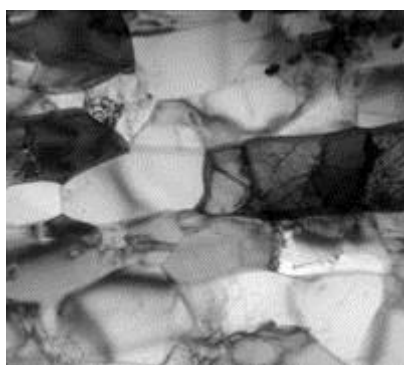
12 Сурет - Конструкциялық төмен көміртекті болаттың 09Г2С микроструктурасы терможақсартылған күйдегі (а, б) және риальды соғудан кейін,  $E = 55\%$  (в, г) дәрежесімен сыртқы (А, В) және ішкі (б, г) бетіне жақын

500... және 600°С температураға дейін соңғы формациялық қыздыруға ұшыраған 09Г2С Болаттың микроқұрылымдары 12 Суретте келтірілген. Суықтай деформацияланған болаттың 500...600°С температура аралығында рекристаллизациялық сығу кезінде рекристаллизация процестері дамиды және құрылымы құбыр дайындамасы қабырғасының барлық қимасы бойынша біртекті болады, бұл ретте жарықты микроскопия әдісімен құрылымдық бос феррит учаскелері іс жүзінде анықталмайды.

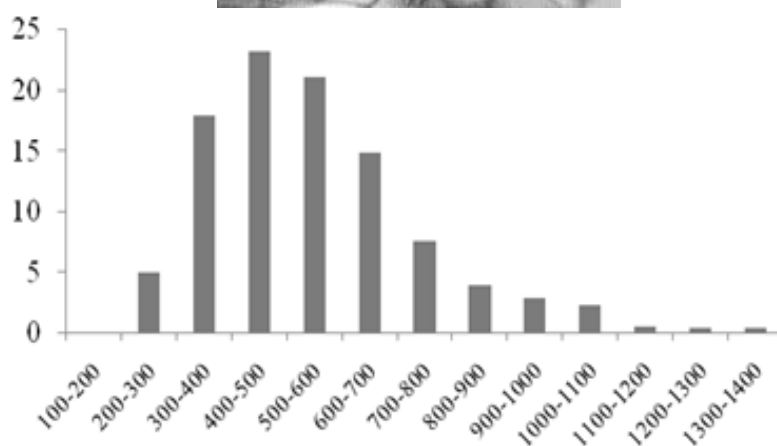


13 Сурет - Құбыр дайындамасының сыртқы (а, в) және ішкі (б, г) беттерінің жанында 09Г2С төменгі көміртекті болаттың конструкциялық микроструктурасы, соңғы формациялық жасытуға ұшыраған: А, Б – 500°С-та; в, г – 600°С-та

Суық пластикалық деформациядан кейін 55% дәрежесі бар радиалды соғу әдісімен 09Г2С Болаттың жұқа құрылымын зерттеу және кейіннен 500°C температурада күйдіру үшін жарық түсіретін электрондық микроскопия қолданамыз . Зерттелетін болаттың құрылымында осындай өңдеу режимінен кейін деформацияланған металдың көлемі сақталады, онда рекристаллизация процестері ұсақ дисперсті карбидтермен тежеледі. Зерттелетін болаттар үшін мөлшері бойынша дәндер мен субтүйіршіктердің таралу сипаты сол асимметрияға ие және логикалық сипатқа ие . 500 °С кезінде күйдіруден кейінгі  $\alpha$ -фаза субзернінің орташа мөлшері 555 нм құрайды, яғни бұл жағдайда 09Г2С болатта ультракүлгін құрылым қалыптасады.



а)



б)

14 Сурет - Суық пластикалық деформациядан кейін 55% дәрежесі бар радиалды соғу әдісімен және 500 °С температурада кейінгі күйдіру әдісімен 09Г2С болаттың өлшемі бойынша  $\alpha$ -фазаның субтүйіршіктің жіңішке құрылымы (а) және гистограммасы (б)

Механикалық - термиялық өңдеудің әртүрлі кезеңдерінде 09Г2С конструкциялық төмен көміртекті болаттың механикалық қасиеттерінің сипаттамаларын сынау нәтижелері 1-кестеде келтірілген.

09Г2С болатты суық радиалды соғу кезінде нығыздау жүреді: 55% дәрежесімен деформациядан кейін ағымдылық шегінің 50% - ға өсуі

байқалады, ал беріктілік шегі 30% - ға көтеріледі. Суық пластикалық деформациядан кейінгі иілгіштіктің сипаттамасы айтарлықтай төмендейді: салыстырмалы ұзаруы бастапқы термо жақсару жағдайымен салыстырғанда 2 есе дерлік азаяды.

Суық пластикалық деформация нәтижесінде зерттелетін болат үлгілерінің соққы тұтқырлығының сипаттамасы орта есеппен 15%-ға төмендейді, бірақ бұрынғысынша айтарлықтай жоғары деңгейде қалады (1 Кесте)

09Г2С болаттың 300°C-қа соңғы формациялық қызуы механикалық қасиеттердің сипаттамаларының айтарлықтай өзгеруіне әкелмейді, алайда бұл ретте салыстырмалы ұзартылу деңгейі 25% төмендейді. U- тәрізді концентраторы бар және жарығы бар үлгілердің салыстырмалы тарылуы мен соққы тұтқырлығының өзгеруі бастапқы терможақсы жай- күймен салыстырғанда 10% - дан аспайды.

1 Кесте - Әртүрлі өңдеу режимдерінен кейін 09Г2С болаттың механикалық қасиеттерінің мәндері

Өңдеу режимі	$\sigma_{0,2}$ ( $\sigma_{TB}/\sigma_T$ )	$\sigma_B$	$\Delta$	$\Psi$	КСУ	КСТ
	МПа		%		МДж/м <sup>2</sup>	
Жасыту	520	650	33	79	2,50	2,10
Бірінші өту ( $\epsilon \approx 20\%$ )	640	690	22	75,5	2,25	1,80
Екінші өту ( $\epsilon \approx 40\%$ )	705	755	22	74	2,15	1,75
Үшінші өту ( $\epsilon \approx 55\%$ )	770	825	17,5	69,5	2,3	1,75
Үшінші өту ( $\epsilon \approx 55\%$ ) + қыздыру 300°C (1 сағ)	815/810	815	13	70,5	2,0	1,65
Үшінші өту ( $\epsilon \approx 55\%$ ) + қыздыру 500°C (1 сағ)	665/660	675	19	71	2,1	1,60
Үшінші өту ( $\epsilon \approx 55\%$ ) + қыздыру 600°C (1 сағ)	565/560	595	23	74	2,5	2,2

500°C температурада жасыту зерттелетін болаттың нығыздалуын тудырады: беріктік сипаттамалар суықтай деформацияланған күймен салыстырғанда 15% - ға төмендейді, сонымен бірге беріктік шегі термиялық жасытқаннан кейін алынған мәнге тең. Жасытқаннан кейін 09Г2С болаттың ағымдылық шегі бастапқы терможақсырақ күйге қарағанда 500°C-қа 25% - ға



жоғары. Бұл жағдайда салыстырмалы ұзартылу деформацияланған жағдаймен салыстырғанда біршама артады, бірақ оның деңгейі термо жақсартылған жағдаймен салыстырғанда екі есе төмен. Салыстырмалы ұзарту және соққы тұтқырлығы суық деформацияланған күй деңгейінде қалады (1 Кесте) Ұлғаюы температура күйдіру болат 09Г2С-ден 600С әкеледі алу сипаттамаларын механикалық қасиеттерін  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_B$ , КСУ және КСТ деңгейінде бастапқы терможақсырақ жай-күйін, ал сипаттамалары икемділік айтарлықтай төмендейді -  $\delta$  42% - ға, ал  $\psi$  10%.

Осылайша, радиалды соғу әдісімен суық пластикалық деформация бастапқы терможақсырақ түтікше дайындамасының сыртқы және ішкі бетінің құрылысында құрылымдық ерекшеліктердің азаюын туындатады, бұл оның фрагментация процестерінің дамуы нәтижесінде зерттелетін болаттың құрылымы мен субқұрылымының элементтерінің диспергирленуімен байланысты. 500°С немесе 600°С температураға кейінгі қыздыру рекристаллизация процестерінің дамуын тудырады, бұл ретте жарық микроскоптың көмегімен зерттелетін микроқұрылымда құрылымдық бос феррит учаскелері іс жүзінде анықталмайды. Осылайша, суық деформацияланған және деформациядан соң қыздыру оларды диспергірлеу есебінен шынықтыру және жоғары босату кезінде алынған микроқұрылымның ақауларын түзетуге мүмкіндік береді (мысалы, құрылымдық еркін феррит). Күйдіргеннен кейін 500°С температурада 555 нм субтүйіршіктің орташа мөлшері бар ультракүлкіртті құрылым қалыптасады. ( $\sigma_{0,2}$  және  $\sigma_B$ ) бастапқы термо жетілдірілген конструкциялық болат 09Г2С, ал пластикалықтың сипаттамалары ( $\psi$  және  $\delta$ ) және соққы тұтқырлығы (КСУ және КСТ) суық пластикалық деформация кезінде біршама төмендейді, бірақ жеткілікті жоғары деңгейде қалады.

300С- та соңғы формациялық қыздыру суық деформацияланған күй деңгейінде сақталатын беріктілік сипаттамаларын іс жүзінде өзгертпейді, ал сенімділік сипаттамалары біршама төмендейді. 09Г2С конструкциялық болаттың босқа төзімділігінің төмен есебінен 500...600°С- та соңғы формациялық қыздыру қисайған жай-күймен салыстырғанда КСУ және КСТ беріктілік, салыстырмалы тарылу және соққы тұтқырлығы сипаттамаларының төмендеуін тудырады. Температураның осы интервалында қыздыру механикалық қасиеттер кешенін құрайды:  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_B$ ,  $\psi$ , КСУ және КСТ бастапқы Термо жақсырақ күй деңгейінде, ал салыстырмалы ұзартылу 30% - ға азаяды. Бұл кешенді механикалық-термиялық өңдеу, оған суық радиалды соғу, сондай-ақ 09Г2С болаттың соңғы формациялық қызуы кіреді, бастапқы термиялық жақсарту кезінде алынған микроқұрылымның ақауларын түзетуге мүмкіндік береді және құрылымның жалпы фрагментациясы есебінен нәзік қирауға қарсылықты едәуір арттырады.[2]

## **2.2 Термоөңдеу температурасының аққыштық шегіне әсері, беріктік шегі және болат икемділік қоры 09Г2С.**

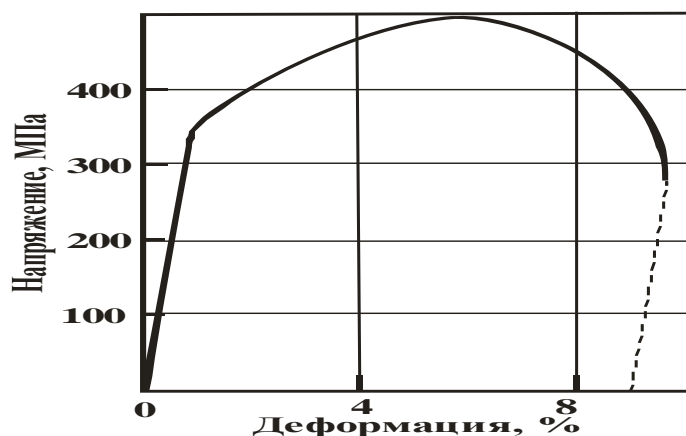
Термиялық өңдеу кезінде диффузиялық процестердің өту жылдамдығы пластикалық деформация деңгейіне және ішкі кернеулер құрылымында қалыптасқан деңгейге байланысты екені белгілі. Түбі көлеміндегі деформация мөлшері әртүрлі. Осының салдары материалдың микроқұрылымындағы айырмашылықтар және әртүрлі шиеленісті жағдай болып табылады. Технологиялық картадағы термоөңдеу режимінде көрсетілген құрылымдық қайта құру үдерістерінің әртүрлі жүру жылдамдығы конструкциялық болатты тепе-тең ыдыстарға әкелмейді деп болжауға болады. Жұмыста деформациялық беріктендірудің сипаттамасы және конструкциялық болат пен қорытпалардың жай-күйі ретінде ағымдылық шегін пайдалануға болады.

Конструкциялық материалдардың жай-күйіне әсер ететін факторлар спектрі жеткілікті кең. Бірінші кезекте бұл температура мен кернеу, содан кейін микроқұрылым түзілетін арнайы жағдайлар. Ал бұл дегеніміз, металлдар мен қорытпаларда кристалды қатты дененің құрылымын өзгертуге әкелетін процестер бірқатар факторлардың әсерінен жүреді. Осыған байланысты, ағымдылық шегі сандық мәні факторлардың барлық сомасының интегралдық ықпалдасуын көрсететін шама болып табылатынын атап өткен жөн. Ағымдылық шегінің өсуі материалдың нығаюын, ал оның нығаюын көрсетеді.

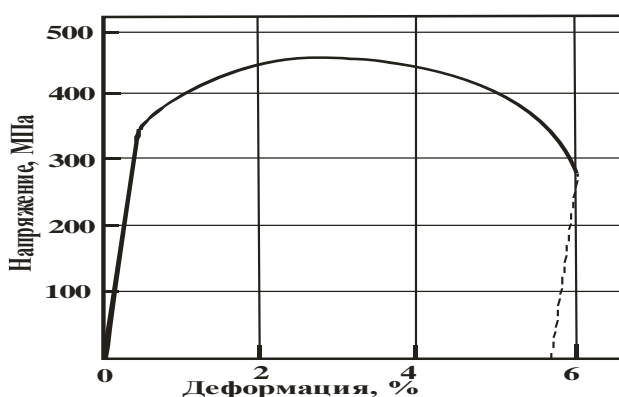
Одан әрі қалдық пластикалық деформациясы бар үлгілер сыналды, демек, дайындау процесінде жинақталған үлгілер әр түрлі. Мұндай үлгілер 625 °С, 650 °С, 675 °С, 700 °С температураларда зауыттық термоөңдеуге қосымша түсті. Жасыту ұзақтығы 40 минутты құрады. Салыстыру зауыттық жағдайларда механикалық және термиялық өңдеуден кейін үлгілерді зерттеу нәтижелерімен жүргізілді. Технологиялық картаға сәйкес зауыттық термоөңдеу 615 °С кезінде 40 минут бойы жүргізілді. Бастапқы деректерді алу үшін қосымша термоөңдеусіз үлгілер сериясы сыналды.

Бұйым көлемі бойынша пластикалық деформация біркелкі емес болғандықтан, сынау нәтижесінде алынған қысқа мерзімді механикалық сипаттамалардың шамасы бір-бірінен айтарлықтай ерекшеленеді. Мұндай мінез-құлық пластикалық деформацияның металдар мен қорытпалардың механикалық қасиеттеріне әсері туралы жалпы ұғымдарға қайшы келмейді. Іс жүзінде әрдайым, үлкен пластикалық деформация айтарлықтай тойтарыс пен беріктікке әкеледі. Ағымдылық шегінің өсуімен және беріктік шегінің өсуімен бір мезгілде икемділік қоры төмендейді. Бұл туралы осы зерттеулердің нәтижелері айтылады.

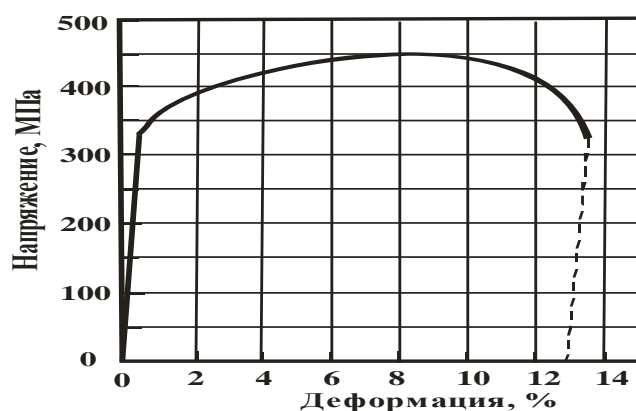
Зерттеу үшін қирау аймағына жақын орналасқан түбінің үш аймағы таңдап алынды. Олардың ішінде үлгілердің үш партиясы дайындалды. Салыстырмалы талдау жүргізу үшін алдымен сыналды қосымша термоөңдеусіз үлгілер. Созылу диаграммалары төменде 20-22 суретте көрсетілген.



15 Сурет - № 1 партиядан үлгінің созылу диаграммасы.  $\sigma_{0,2} = 342$  МПа,  $\sigma_B = 449$  МПа,  $\delta = 8,7\%$  - ға өсті. Қосымша термоөңдеу жүргізілген жоқ.



16 Сурет - № 2 партиядан үлгінің созылу диаграммасы.  $\sigma_{0,2} = 346$  МПа,  $\sigma_B = 466$  МПа,  $\delta = 5,8\%$ . Қосымша термоөңдеу жүргізілген жоқ.

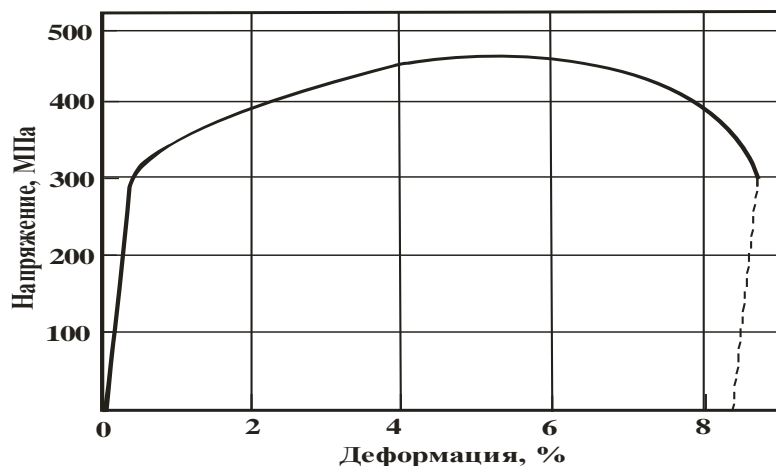


17 Сурет - № 3 партиядан үлгінің созылу диаграммасы.  $\sigma_{0,2} = 323$  МПа,  $\sigma_B = 447$  МПа,  $\delta = 12,8\%$  - ға өсті. Қосымша термоөңдеу жүргізілген жоқ.

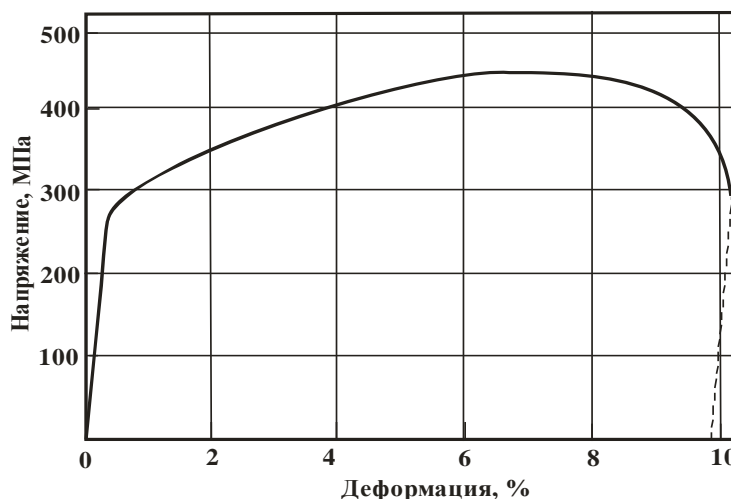
Пластикалықтың ең аз қоры (5,8%) № 2 партия үлгілеріне ие болып шықты. осы үлгінің ең үлкен ағымдылық шегі бар. Ол үшін  $\sigma_{0,2} = 346$  МПа. № 1 партия үлгісінде ағымдылық шегінің аз мөлшері. Ол үшін  $\sigma_{0,2} = 342$  МПа. және

ең аз нығайтылған 3 партиясынан үлгі болды. Оның ағымдылық шегі 12,8% икемділік қоры кезінде 323 МПа тең.

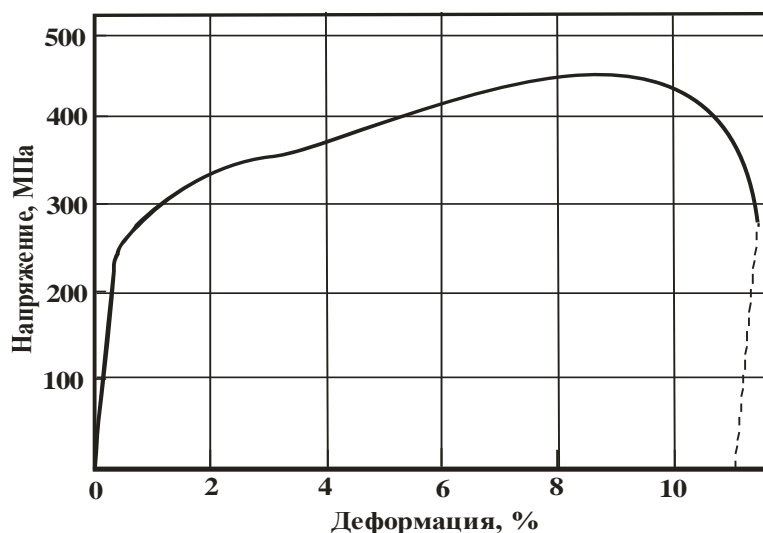
Үлгілердің үш партиясынан ең үлкен қызығушылық № 2 партиядан үлгілердің механикалық сипаттамасына жасыту температурасының әсерін салыстыру болды, оларда ең көп деформациялық беріктігі бар. Сондықтан бұл партияның үлгілері қосымша термоөңдеуге ұшырады. 18 – 20 - суретте № 2 партиядан үлгілердің созылу диаграммалары көрсетілген. Бұл үлгілер 650 °С, 675 °С және 700 °С температурада 40 минут жасытылды. Қызып, ұстағаннан кейін көрсетілген температура кезінде үлгілер пешпен салқындалды.



18 Сурет - № 2 партиядан үлгі.  $\sigma_{0,2} = 298$  МПа,  $\sigma_B = 461$  МПа,  $\delta = 8.3\%$ . Қосымша термоөңдеу 650 °С, 40 минут

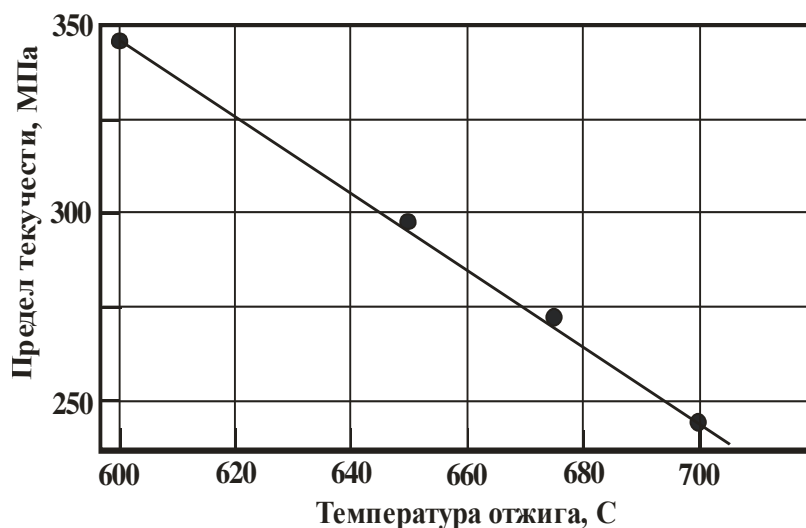


19 Сурет - № 2 партиядан үлгі.  $\sigma_{0,2} = 273$  МПа  $\sigma_B = 447$  МПа,  $\delta = 9.1\%$  - ға өсті. Қосымша термоөңдеу 675 °С, 40 минут ұстау



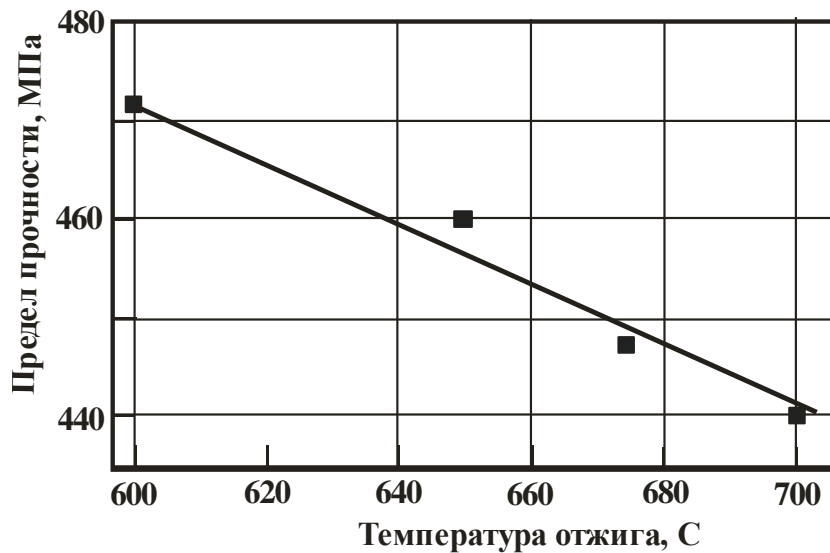
20 Сурет - № 2 партиядан үлгі.  $\sigma_{0,2} = 245$  МПа  $\sigma_B = 440$  МПа,  $\delta = 11.1\%$  - ға өсті. Қосымша термоөңдеу  $700\text{ }^\circ\text{C}$ , 40 минут

Жоғарыда келтірілген деректер жасыту температурасының өсуіне қарай ағымдылық шегінің және уақытша кедергінің төмендеуімен иілгіштікті қалпына келтіру процесі жүріп жатқанын сенімді дәлелдейді. Ағымдылық шегінің термоөңдеу температурасына тәуелділігі 21-суретте көрсетілген.

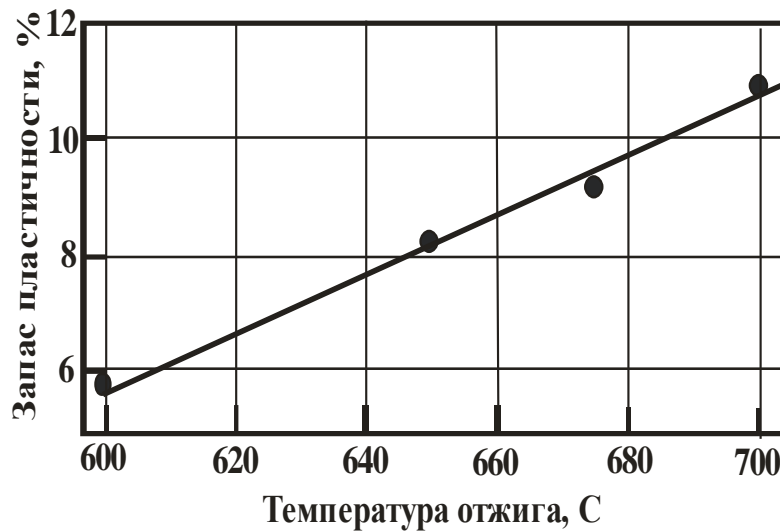


21 Сурет - 09Г2С болаттан жасалған үлгілердің термоөңдеу температурасына ағымдылық шегінің тәуелділігі

Графиктің тікелей сызық түрі бар екеніне назар аударады. Жасыту температурасының өсуімен ағымдылық шегі төмендейді, бұл ретте  $615\text{ }^\circ\text{C}$  –  $700\text{ }^\circ\text{C}$  температура аралығында ағымдылық шегі  $346$  МПа-дан  $245$  МПа-ға дейін өзгереді, бұл  $\delta \sim 30\%$  құрайды. Сол сияқты уақытша қарсылық.



22 Сурет - Беріктілік шегінің 09Г2С болаттан жасалған үлгілердің термоөңдеу температурасына тәуелділігі



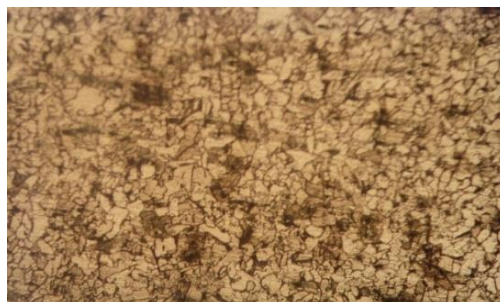
23 Сурет - 09Г2С болатының иілгіштік қорының жасыту температурасына тәуелділігі

Сонымен қатар, электр энергиясын өндіру үшін Бұл дегеніміз  $\sigma_b$  термоөңдеуге  $\sigma_{0,2}$  кем сезімтал. бұл ретте, икемділік 5.8% - дан 11.1% - ға дейін өседі, бұл бастапқы жағдайға қатысты 90% құрайды. Осылайша, 09Г2С конструкциялық болаттың тұрақтамау шегі, беріктік шегі, икемділік қоры сияқты негізгі механикалық сипаттамаларының коррелирленген мінез-құлқы байқалады.



### **2.3 Алдын ала пластикалық деформация және термоөңдеу деңгейлерінің 09Г2С болат дәнінің өзгеруіне әсері.**

Жоғарыда атап өтілгендей, зерттеудің бірінші кезеңінде ең төменгі ішкі кернеулермен тепе-тең құрылым алу үшін үлгілерді жасыту жүргізілді. 24-суретте 09Г2С болаттан жасалған жасытылған үлгідегі микроқұрылым көрсетілген. Түйіршіктің орташа мөлшерін анықтау оның шамасы ~30 мкм тең екенін көрсетті.



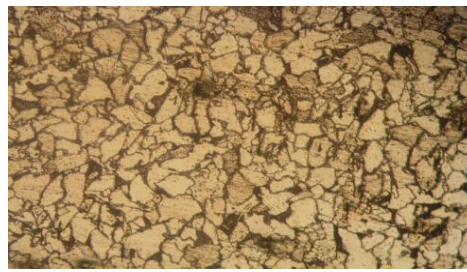
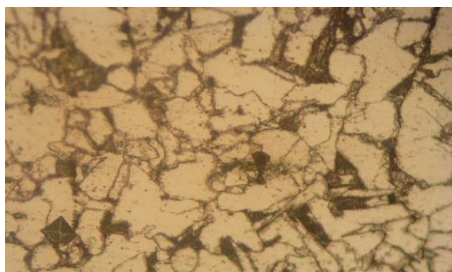
24 Сурет - Қирау аймағынан 120 мм қашықтықта түп материалынан дайындалған үлгінің микроқұрылымы

Бұдан әрі бұзылу аймағынан әртүрлі қашықтықта кесілген үлгілердің микротруктурасының фотосуреттері келтірілген

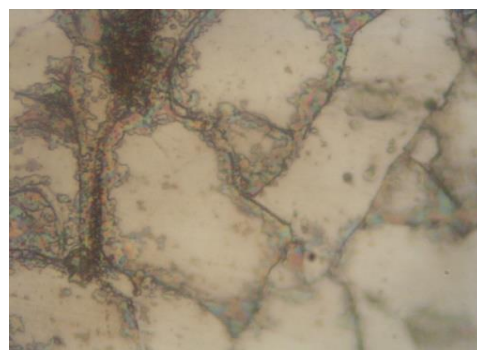
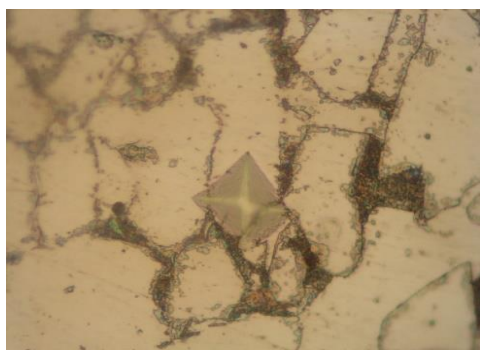
Бұдан әрі бұзылу аймағынан әртүрлі қашықтықта кесілген үлгілердің микротруктурасының фотосуреттері келтірілген

Бұдан әрі бұзылу аймағынан әртүрлі қашықтықта кесілген үлгілердің микротруктурасының фотосуреттері келтірілген

Бұдан әрі бұзылу аймағынан әртүрлі қашықтықта кесілген үлгілердің микротруктурасының фотосуреттері келтірілген



25 Сурет - Түп материалынан дайындалған үлгінің қирау аймағынан 120 мм қашықтықтағы микроқұрылымы

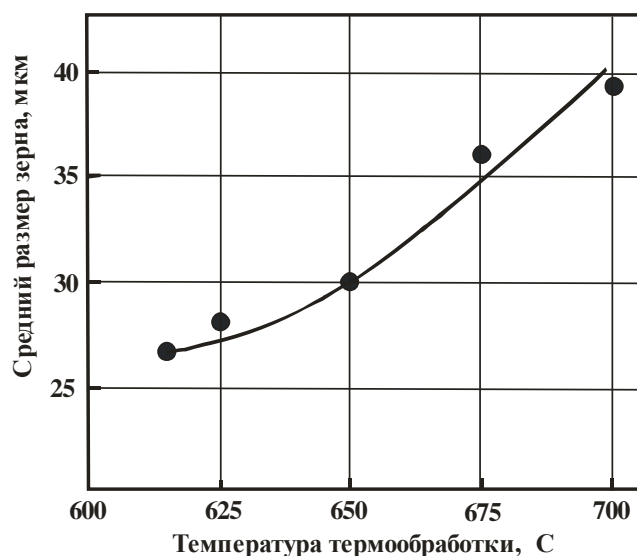


26 Сурет - Түп материалынан дайындалған үлгінің қирау аймағынан 120 мм қашықтықтағы микроқұрылымы

Мысалы, сынақ нәтижесінде  $\sigma_{0,2}$  ( $\sigma_{0,2}$  – зерттелетін үлгінің ағымдылық шегі) ағымдылық шегінің сандық мәнін аламыз. Бұл дегеніміз, технологиялық циклдың өтуі кезінде материал баламалы деформациялық аударымдарды беріктендірді. Мұндай бағалау одан әрі нығыздауға немесе нығыздауға бағытталған одан әрі технологиялық операцияларды таңдау кезінде пайдалы болуы мүмкін.

Зерттеудің осы бөлімінің мақсаты 09Г2С болаттың түйіршік көлемінің өзгеруіне алдын ала пластикалық деформация және термоөңдеу деңгейлерінің әсері бойынша эксперименталдық мәліметтер алу болды. Осы мақсатта түбінің қирау аймағына іргелес облыстан үлгілер топтамасы дайындалды. Алынған созылу диаграммалары жоғарыға ұқсас сапалы түрге ие.

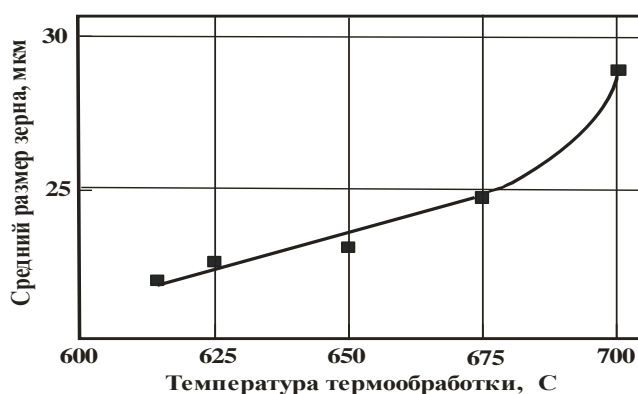
Әр түрлі жасыту температурасынан кейін түйіршіктің орташа мөлшерін өлшеу нәтижелері 18-суретте көрсетілген.



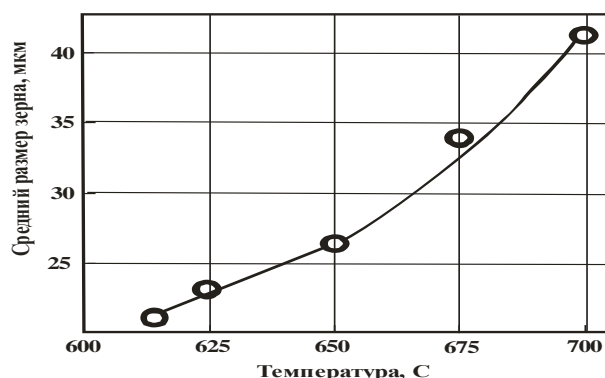
27 Сурет - № 2 партия үлгілерінің орташа түйіршік мөлшерінің 09Г2С болатты термоөңдеу температурасына тәуелділігі. Пластикалықтың бастапқы қоры 5,8%

Кесте қарапайым координаттарда салынған және ол тікелей емес. Суретте термоөңдеу температурасының өсуі түйіршіктің орташа мөлшерінің өсуіне әкеледі. Түйірлер 650 °С-тан жоғары температурада өте күшті өседі. Бұл жағдайда жиналатын рекристаллизация процесі бар деп болжауға болады. Бұл процесс екі кезеңде жүріп жатыр. 650 °С температураға дейін жаңа түйіршік пайда болады, ал олардың өсуі жоғары. Әдеби мәліметтерден қорытпалар үшін рекристалданудың басталу температурасы шегінде (0,5...0,6) балқу температурасынан, Тпл. Сынақтар жүргізілген температуралар осы аралыққа салынады.

28 және 29-суретте № 3 және № 1 партия үлгілеріне арналған жасытудың температурасынан түйіршіктің орташа мөлшерінің тәуелділік графиктері көрсетілген. Олар сондай-ақ қарапайым координаттарда салынған. Кестесі негізінде төменде көрсетілген суретте.



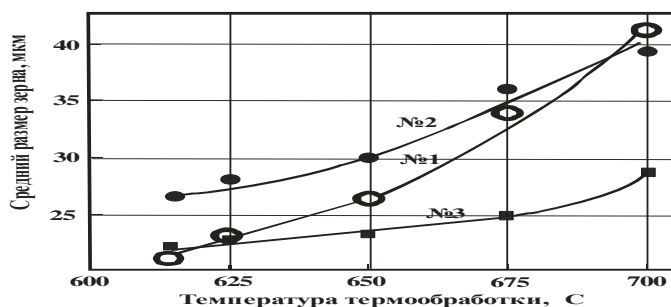
28 Сурет - № 3 партия үлгілерінің түйіршік мөлшерінің 09Г2С болатты термоөңдеу температурасына тәуелділігі. Пластикалықтың бастапқы қоры 14%



29 Сурет - № 1 партия үлгілерінің орташа түйіршік мөлшерінің 09Г2С болатты термоөңдеу температурасына тәуелділігі. Бастапқы пластикалық қоры 11%

Барлық үш графикте екі облысты бөліп көрсетуге болады: түйіршіктің орташа мөлшерінің әлсіз өсуі және қарқынды. Тек № 1 және № 2 партия үлгілері үшін бір облыстан екіншісіне ауысу 650 °С шамасында жасыту температурасы кезінде жүргізіледі, ал № 3 партия үшін ол 675 °С дейін қолданылады.

Орташа көлемдегі астықтың жасыту температурасынан тәуелділігін неғұрлым қарапайым және көрнекі салыстыру үшін барлық графиктер біріктірілген және 30-суретте көрсетілген. Суретте түбін дайындау кезінде жинақталған пластикалық деформация және 615 °С кезінде зауыттық жағдайларда жүргізілген жасыту тәуелділік графикасында өз көрінісін табады. № 1 және № 3 (тіісінше 10% және 7%) үлгілердің партияларында жинақталған пластикалық деформацияда аз ғана айырмашылық болған кезде түйіршіктің орташа мөлшері бір-бірінен елеусіз ерекшеленеді. Жинақталған пластикалық деформация 16,2% құраған № 2 партия үлгілері үшін айтарлықтай айырмашылық байқалады. Сондықтан түйіршіктің орташа мөндеріндегі айырмашылықты түсіндіретін ең ықтимал себеп жинақталған.



№ 1, № 2, № 3 – зерттелген үлгілер партиясының нөмірлері. Алдын ала деформация: №1 – 10%, №2 – 16,2 %, №3 – 7 %

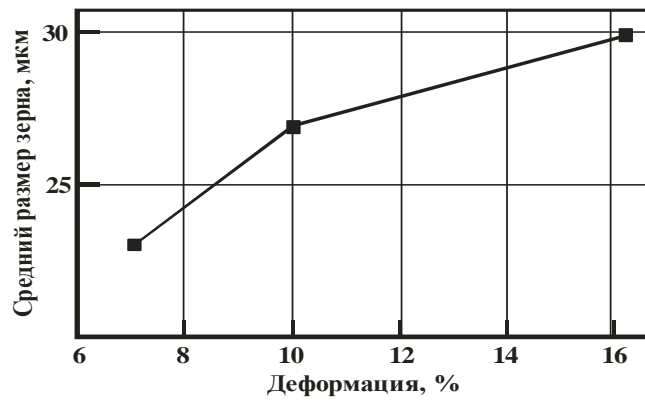
30 Сурет - 09Г2С болат үлгілерінің дәнінің орташа мөлшерінің термоөңдеу температурасына тәуелділігі

Пластикалық деформация және зауыттық жағдайларда жүргізілген термоөңдеу. Бұдан басқа, ең аз пластикалық деформациясы бар үлгілерде (№3 партия) түйірлердің орташа мөлшерінің температураға тәуелділігінің ең әлсіз екенін көреміз. Жасыту температурасының өсуіне қарай түйіршік өсуде. Жасыту температурасы 700 °С, ұзақтығы 40 минут болған кезде № 1 және № 2 партия үлгілеріне арналған түйіршік өлшемдерінің орташа мөндері дерлік тең болатын факт қызықты болып табылады. Зерттеудің осы кезеңінде жинақталған пластикалық деформацияға және термоөңдеу температурасына байланысты түйіршік мөлшерінің мінез-құлқының барлық ерекшеліктерін түсіндіру мүмкін емес.

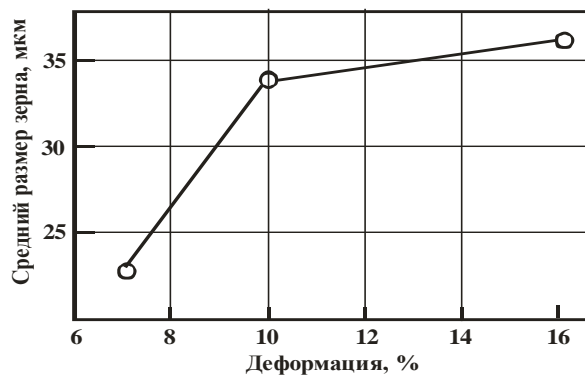
Жасытудың әр түрлі температурасы кезінде түйіршіктің орташа мөлшеріне жинақталған пластикалық деформацияның әсері 31-34-суретте көрсетілген.



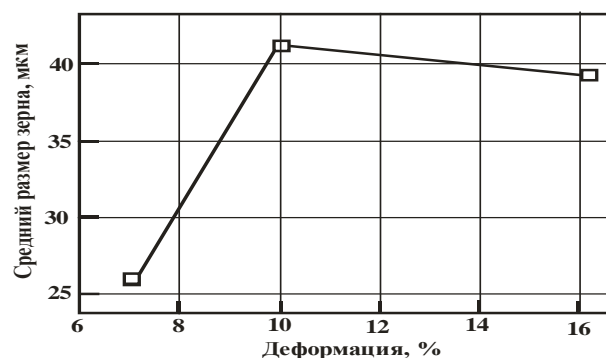
31 Сурет - 09Г2С болат дәнінің орташа мөлшерінің жасытқаннан кейін жинақталған пластикалық деформацияға тәуелділігі 625 °С температурада



32 Сурет - 09Г2С болат дәнінің орташа мөлшерінің жасытылған кейін жинақталған пластикалық деформацияға тәуелділігі 650 °С температурада

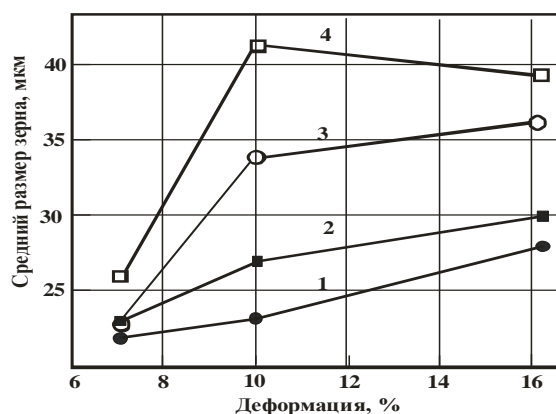


33 Сурет - 09Г2С болат дәнінің орташа мөлшерінің жасытқаннан кейін жинақталған пластикалық деформацияға тәуелділігі 675 °С температурада



34 Сурет - 09Г2С болат дәнінің орташа мөлшерінің жасытудан кейін жинақталған пластикалық деформацияға тәуелділігі 700 °С температурада

Барлық жағдайларда графиктер түзу емес. Термоөңдеу температурасының жоғарылауымен түйіршіктің орташа мөлшерінің өсуіне жалпы тенденцияны атап өтуге болады. Зерттелетін тәуелділік мінез-құлқының заңдылықтарын салыстырмалы талдау үшін 35 - суретте жалпыланған кесте келтірілген.



35 Сурет - Жасытудан кейін жинақталған пластикалық деформацияға 09Г2С болат дәнінің орташа мөлшерінің тәуелділігі температура кезінде: 1-625°C, 2 - 650°C, 3 - 675°C, 4 – 700 °С

Суретте жинақталған пластикалық деформация шамасы 615 °С-тан 700 °С-қа дейінгі аралықта жасытудың әр түрлі температураларында 09Г2С болат дәнінің орташа мөлшерінің қалыптасуына елеулі әсер етеді. Жинақталған пластикалық деформацияның үлкен көлеміне термоөңдеу нәтижесінде алынатын түйіршіктің орташа мөлшерінің үлкен шамасы сәйкес келеді.[5,7]

## 2.4 09Г2С болтының термиялық өндеуден кейінгі механикалық қасиеттерінің өзгерісі.

Жүргізілген эксперименталды зерттеулер мынаны анықтады:



- Қирау аймағына жақын маңдағы түбінің материалы біркелкі емес күйде болады, ол ағымдылық шегі, уақытша қарсылық, икемділік қоры сияқты қысқа мерзімді механикалық қасиеттердегі айырмашылықтармен сипатталады.

- Бүліну аймағының жанындағы материалдың икемділігі ең аз және шамамен 1% шамаға жетеді.

- Зауыттық жағдайларда жүргізілген термиялық өңдеу 09Г2С болатының иілгіштігін қалпына келтіру және ішкі кернеулерді алудың жеткілікті деңгейін қамтамасыз етпеді.

- Жеткізу жағдайында болаттың қасиеттері бойынша деректердің болмауы табақ прокатының осы партиясын дайындау технологиясы мен түптерді дайындау технологиясы бұзылуға қосқан үлесі туралы бір жақты қорытынды жасауға мүмкіндік бермейді.

Пластикалық деформация және зауыттық жағдайларда жүргізілген термоөңдеу. Бұдан басқа, ең аз пластикалық деформациясы бар үлгілерде (№3 партия) түйірлердің орташа мөлшерінің температураға тәуелділігінің ең әлсіз екенін көреміз. Жасыту температурасының өсуіне қарай түйіршік өсуде. Жасыту температурасы 700 °С, ұзақтығы 40 минут болған кезде № 1 және № 2 партия үлгілеріне арналған түйіршік өлшемдерінің орташа мәндері дерлік тең болатын факт қызықты болып табылады. Зерттеудің осы кезеңінде жинақталған пластикалық деформацияға және термоөңдеу температурасына байланысты түйіршік мөлшерінің мінез-құлқының барлық ерекшеліктерін түсіндіру мүмкін емес.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыста 09Г2С болатының термиялық өңдеу режимінің әсерінен механикалық қасиеттерінің өзгерісі көрсетілді. Термиялық өңдеу режимінің ішінде шынықтыру, босату, жасыту процестерінің жүруі, болаттың термиялық өңдеуге дейінгі механикалық қасиеті және өңдеуден кейінгі қасиеті зерттелді.

Сонымен қатар, жұмыста 09Г2С болатын термиялық өңдеудің оның механикалық қасиеттеріне беретін әсері анықталды.

Зерттеу нәтижелері бойынша келесі қорытындылар жасауға болады.

09Г2С болаттан түп жасау процесінде біркелкі емес пластикалық деформация бұйым көлемі бойынша біркелкі емес құрылымды қалыптастыруға әкеледі.

- Зауыттық жағдайларда жүргізілетін термоөңдеу микроқұрылымды тепе-тең күйге келтіру үшін табақты илектеу және түп түрінде бастапқы материалды дайындау кезінде қалыптасқан ішкі кернеулердің алынуын қамтамасыз етпейді.

- Астықтың орташа мөлшерінің жасыту температурасына тәуелділігі сызықтық емес, бірақ күйдіру температурасының өсуімен түйіршіктің орташа мөлшерінің шамасы өсуде.

- Әр түрлі температура кезінде жиналған пластикалық деформация шамасына түйіршіктердің орташа мөлшерінің тәуелділігі сызықсыз, бірақ деформация өсуімен түйіршік мөлшері артады.

- Түптің қирау аймағы қалдық пластикалық деформацияның аз деңгейімен сипатталады, бұл бұліну себебі металдың ұсақталуы болды деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Чумаков Е.В., Жансеркеева З.А. Исследование деформационного упрочнения металлов и сплавов на неустановившейся стадии ползучести. - Алматы, «Вестник КазНТУ им. К.Сатпаева» №2 (59), 2007, 82 с.
- 2 Чумаков Е.В., Жансеркеева З.А. Экспериментальное изучение деформационного упрочнения металлов и сплавов на неустановившейся стадии ползучести. – Астана, «Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева», №4 (56), 2007, 117 с.
- 3 Чумаков Е.В., Жансеркеева З.А. Влияние деформационного упрочнения на предел текучести на неустановившейся стадии ползучести и при кратковременных испытаниях с постоянной скоростью растяжения. - Алматы, «Вестник КазАТК», № 1, 2008, с. 56
- 4 Чумаков Е.В., Жансеркеева З.А. Предел текучести как структурно чувствительный элемент. – Труды Международной научно-практической конференции «Наука и инновации на железнодорожном транспорте», VIII т., 2007, КазАТК, Алматы.
- 5 Чумаков Е.В., Жансеркеева З.А. «Деформационное упрочнение алюминия и титана». - Алматы, «Вестник КазАТК», №3, 2008, с.97.
- 6 Чумаков Е.В., Жансеркеева З.А. «Деформационное упрочнение и ползучесть ГЦК-металлов». - Алматы, «Вестник КазАТК», №4, 2008, с.28.
- 7 Жансеркеева З.А. Влияние деформационного упрочнения на неустановившуюся стадию ползучести. – Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Алматы, 2008, 32 с.
- 8 Бернштейн М.Л., Займовский В.А., Капустина Л.М. термомеханическая обработка стали. М.: Металлургия, 1983.