

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машинажасау институты

(институт атауы)

ӘОЖ 665.622.43.046.6-52 (043)

Қолжазба құқығында

Жандар Ербол Ержанұлы

(білім алушының аты жөні)

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін дайындалған

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертация атауы Үлкен диаметрлі құбырларды өндірісі үшін болатты термомеханикалық өңдеу технологиясын жасау

Дайындау бағыты 7M07111 - Машиналар мен жабдықтардың сандық инженериясы

Мамандық шифрі және атауы

Ғылыми жетекші,

Т.Ғ.К., профессор

(ғылыми дәрежесі, атауы)

Елемесов К.К.

Қолы Аты жөні

Тікір беруші,

МБА АҚ «АЗТМ» Бас директоры

(ғылыми дәрежесі, атауы)

Қанатбаев М.А.

Қолы Аты жөні

Норма бақылаушы,

тех. ғыл. магистрі, лектор

(ғылыми дәрежесі, атауы)

Балгаев Д.Е.

Қолы Аты жөні



ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
ТМЖК кафедра меңгерушісі

Т.Ғ.К., ассис. проф.

(ғылыми дәрежесі, атауы)

Бортебаев С.А.

Қолы Аты жөні

“ 03 ” 06 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машинажасау институты

(институт атауы)

Технологиялық машиналар және көлік кафедрасы

(кафедра атауы)

7M07111 - машиналар мен жабдықтардың сандық инженериясы

Мамандық шифрі және атауы

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

Т.Ғ.К., ассис. проф.

(ғылыми дәрежесі, атауы)

 Бортебаев С.А.

Қолы

Аты жөні

“ ” 20__ ж.

**Магистрлік диссертация орындауға
ТАПСЫРМА**

Магистрант Жандар Ербол Ержанұлы

(білім алушының аты жөні)

Тақырыбы: Үлкен диаметрлі құбырларды өндірісі үшін болатты
термомеханикалық өңдеу технологиясын жасау

(магистрлік диссертация тақырыбы)

Университет Ректорының 2020 жылғы "03" қараша №2026-м бұйрығымен
бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2022 жылғы "26" мамыр.

Магистрлік диссертацияның бастапқы берілістері: Термомеханикалық
өңдеуге арналған материал және оның бастапқы мәндері

Магистрлік диссертацияда қарастырылатын мәселелер тізімі:

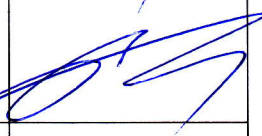
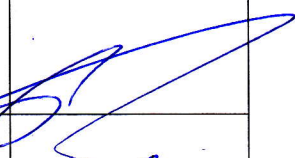
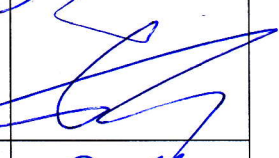
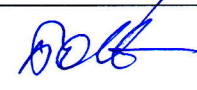
- а) Газ-мұнай құбырларын төсудің әртүрлі климаттық жағдайлары ең
алдымен жоғары деңгеймен қамтамасыз етуді;
- б) Парақты дәнекерлеудің жаңа талаптары- жоғары мәндерді алу;
- в) К60 беріктік класындағы табақ прокатын өндіру технологиясы;
- г) Табақ прокатының өнеркәсіптік өндірісін сынамалау.

Ұсынылатын негізгі әдебиет: 15 атау

Магистрлік диссертация дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзұмдері	Ескерту
1. Құбыр дайындамасына қойылатын қолданыстағы талаптар	12.11.2020	
2. Дәнекерлеуді зерттеу	15.03.2021	
3. Есептеулер мен сынақтар	05.01.2022	
4. Табақ прокатының өнеркәсіптік өндірісін сынамалау	13.04.2022	

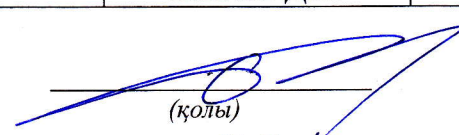
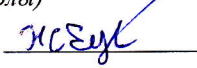
Аяқталған магистрлік диссертация бөлімдеріне кеңесшілер мен норма бақылаушының қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі(ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
1 Құбыр дайындамасына қойылатын қолданыстағы талаптар	Директор ИЭиМ, канд.тех.наук., доцент Елемесов Қ.К.	12.11.2020	
2 Дәнекерлеуді зерттеу	Директор ИЭиМ, канд.тех.наук., доцент Елемесов Қ.К.	15.03.2021	
3 Есептеулер мен сынақтар	Директор ИЭиМ, канд.тех.наук., доцент Елемесов Қ.К.	05.01.2022	
4 Табақ прокатының өнеркәсіптік өндірісін сынамалау	Директор ИЭиМ, канд.тех.наук., доцент Елемесов Қ.К.	13.04.2022	
5 Норма бақылаушы	тех. ғыл. магистрі, лектор Балгаев Д.Е.	23.05.2022	

Ғылыми жетекші

Тапсырманы орындауға алған
білім алушы

Күні


(қолы)

(қолы)

Елемесов К.К.
(аты жөні)

Жандар Е.Е.
(аты жөні)

" " 2022 ж.

АҢДАТПА

Өнеркәсіптің мұнай-газ кешенін қарқынды дамыту, сондай-ақ жаңа кен орындары, сәйкесінше, ескілерін қайта құру және төсеу қажеттілігі жаңа мұнай құбырлары үлкен дәрежеде дамудың негізгі бағыттарын анықтайды. отандық металлургия. Газ-мұнай құбырларын төсеудің әртүрлі климаттық жағдайлары ең алдымен жоғары деңгеймен қамтамасыз етуді көздейді құбырларды пайдалану сенімділігі. Өз кезегінде парақты жалға алуға қойылатын талаптар, дәнекерлеу құбырларын дайындауға арналған, сондай-ақ беріктік қасиеттерінің деңгейі, төмен температуралы тұтқырлық ($KCV^{20} 100$ Дж/см² дейін), сондай-ақ жақсы дәнекерлеу және қарсылық коррозиялық әсер ету.

Парақты дәнекерлеудің жаңа талаптары, жоғары мәндерді алу қажеттілігі беріктік қасиеттері және сонымен бірге жоғары тұтқырлық деңгейіне жету іздеуді қажет етеді технологиясын жетілдіру есебінен жаңа технологиялық химиялық құрамды оңтайландыру бөлігінде қайта бөлу (қоспалайтын және микролегирлейтін шикіқұрамдар және термомеханикалық илемдеу режимдерін әзірлеу, оның ішінде жылдам салқындату.

Бүкіл әлемде энергия ресурстарына үнемі өсіп келе жатқан сұраныс-үлкен өткізу қабілеті бар жоғары қысымды газ құбырларын салуды талап етеді. Өткізу қабілеттілігін арттыру үшін үлкен диаметрлі магистральдық құбырларды пайдалану немесе құбырлар арқылы газ айдаудың жұмыс қысымын арттыру тенденциялары бар. Бұл, өз кезегінде, басқа жағдайда қажет болатын жоғары қабырға қалыңдығын болдырмау үшін жоғары берік болат маркаларын пайдалануды қажет етеді.

АННОТАЦИЯ

Интенсивное развитие нефтегазового комплекса промышленности, а также освоение новых месторождений и, соответственно, необходимость реконструкции старых и прокладка новых нефтепроводов в большой степени определяют и основные направления развития в отечественной металлургии. Различные климатические условия прокладки газонефтепроводов (в том числе экологический аспект) предполагают в первую очередь обеспечение высокой надежности эксплуатации труб. В свою очередь требования к листовому прокату, предназначенному для изготовления сварных труб, также изменяются в сторону повышения уровня прочностных свойств, низкотемпературной вязкости (KCV^{-20} до 100 Дж/см²), ($ИПГ^{-40} > 90\%$), а также хорошей свариваемости и стойкости против коррозионного воздействия.

Новые требования к листовому прокату, необходимость получения высоких значений прочностных свойств и одновременно достижения высокого уровня вязкости требуют поиска новых технологических решений за счет совершенствования технологии металлургического передела в части оптимизации химического состава (шихты, легирующих и микролегирующих элементов) и разработки режимов термомеханической прокатки, в том числе применения ускоренного охлаждения.

ABSTRACT

The intensive development of the oil and gas industry, as well as the development of new fields and, accordingly, the need for reconstruction of old and the laying of new oil pipelines largely determine the main directions of development in the domestic metallurgy. Various climatic conditions for laying gas and oil pipelines (including the environmental aspect) assume, first of all, ensuring high reliability of pipe operation. In turn, the requirements for sheet metal intended for the manufacture of welded pipes are also changing upward the level of strength properties, low-temperature viscosity (KSU^{-20} to $100 J/cm^2$), cold resistance (IPG⁴⁰ > 90%), as well as good weldability and resistance against corrosion effects.

New requirements for sheet metal, the need to obtain high values of strength properties and at the same time achieve a high level of viscosity require the search for new technological solutions by improving the technology of metallurgical processing in terms of optimizing the chemical composition (charge, alloying and micro-alloying elements) and development of thermomechanical rolling modes, including applications accelerated cooling.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	8
1 Жалпы бөлім	10
1.1 Құбыр дайындамасына қойылатын қолданыстағы талаптар	10
1.2 Құбыр болаттарының суыққа төзімділігіне әсері	15
1.3 Магистральдық газ құбырлары үшін болаттар	16
1.4 Табақ прокатының микроқұрылымының беріктік қасиеттері	21
1.5 Құбыр болаттарының дәнекерленуі	24
2 Зерттеу әдістері мен материалдары	35
2.1 Жылдам салқындатумен төмен температуралы илектеу	35
2.2 Құбыр болаттарының дәнекерленуі	52
2.3 Дәнекерлеуді зерттеу	57
2.4 Металлтану тұжырымдамасын әзірлеу 2800 станға	59
3 К60 беріктік класындағы табақ прокатын өндіру технологиясы	65
3.1 К60 ванадийлі болатсыз зертханалық балқытпаларды жасау	73
4 Табақ прокатының өнеркәсіптік өндірісін сынамалау	77
Қорытынды	81
Пайдаланған әдебиеттер тізімі	83

КІРІСПЕ

Өндірістің үлесіне металл өнімдерін өндірудің және жеткізудің жалпы көлемінде құбыр болаттары 45% - ды құрайды, оның ішінде дәнекерленген құбырларды өндіруге арналған табақ прокаты үлкен диаметрі — 17% және жіксіз құбырларға арналған түтік-28%. Құбыр дайындаманың ең ірі тұтынушылары: "Челябинск" ААҚ Құбыр илемдеу зауыты "ААҚ," Выксун металлургия зауыты "ААҚ," Синарский " ААҚ құбыр зауыты "ААҚ," Первоуральский Новотрубный завод " ААҚ.

Бұл жұмыс өндіріс технологиясының қажетті негіздерін дамытуға арналған электр болат балқыту цехын және қалың табақты орнақты қайта құру кезіндегі құбырларға арналған болаттар 2800. 2800 диірмен ағынындағы негізгі технологиялық жабдықтарды жаңғыртумен қатар жедел салқындату қондырғысы іске қосылды, бұл айтарлықтай кеңейді табақтық прокат қасиеттерінің берілген кешенін алудың технологиялық мүмкіндіктері, ең алдымен үлкен диаметрлі электрмен дәнекерленген құбырларды өндіруге арналған. 2800 орнақта табақ прокатын өндіру кезінде жеделдетілген салқындатуды пайдалану химиялық құрамды таңдау тәсілін қайта қарауды талап етеді (легирлеу және микролегирлеу) және, тиісінше, жылдамдықты пайдалану арқылы термомеханикалық илемдеу режимдері салқындату. Феррит-перлит құрылымы базасындағы табақтық прокат қамтамасыз етпейді 590 Н/мм^2 ств беріктік деңгейін алу, $\sigma_t > 480 \text{ Н / мм}^2$ ұштастыра отырып, басқа да маңызды механикалық қасиеттерінің көрсеткіштері ($\delta = 22\%$; $KCV 20^\circ \text{C} > 100 \text{ Дж / см}^2$; тұтқыр үлесі 60% -20°C кезінде). Осы кешенді қамтамасыз ету үшін қасиеттері материалдың басқа құрылымдық күйіне - с болаттарына ауысуы керек карбонитридті фазалардың бөлшектерімен нығайтылған дисперсті ферритті-бейинитті құрылым ниобий және ванадий (не ванадийсіз), термомеханикалық кейіннен жедел салқындату арқылы бақыланатын илектеу.

Көшу термомеханикалық илемдеу, содан кейін жеделдетілген салқындатумыналарды қамтиды .

Болаттың допингінің өзгеруі, ең алдымен, көміртектің беріктендіруші ретіндегі рөлінің төмендеуі және беріктендірудің неғұрлым прогрессивті түрлерінің мәнін арттыру, негізінен, астықты ұсақтау, дисперсиялық және дислокациялық беріктендіру. Жаңа тәсілдер төмен қоспаланған болаттарды дайындау кезіндегі металлургиялық қайта бөлу дәнекерленген құбырларды дайындау үшін жоғары металлургиялық тазалықты қамтамасыз ету керек металл емес қосындылар мен зиянды қоспалардың құрамы бойынша болаттар, бірінші кезекте күкірт (0,005% артық емес).

1 Жалпы бөлім

1.1 Құбыр дайындамасына қойылатын қолданыстағы талаптар

Қойылған мақсатқа жету үшін келесі міндеттер орындалды:

1) Илектеу кезіндегі химиялық құрам мен технологиялық параметрлердің әсері зерттелді механикалық қасиеттерге, соққы тұтқырлығына және хладқа төзімділікке қайта құруға дейін 2800 орнақта 2800 диірменін қайта құрудың металлтану тұжырымдамасы әзірленді.

2) Химиялық құрамы оңтайландырылды және технологиялық параметрлері, соның ішінде жедел салқындату және 2800 диірменін қайта құрғаннан кейін өнеркәсіптік игеру К60 беріктік класындағы болат өндірісі.

3) Термомеханикалық өңдеудің химиялық құрамы мен технологиясы жасалды сыныпты болаттан жасалған қалыңдығы жоғары (29 мм-ден астам) табақтық прокат өндірісі беріктігі К60 (Х70) ерекше хладостойком орындау

4) Химиялық құрамы және ванадийсіз болат өндірісі технологиясы жасалды .

К60 беріктігіне және өндірісті өнеркәсіптік сынау жүргізілді.

Диссертацияда ғылыми жаңалығы бар келесі нәтижелер алынды:

1) Термомеханикалық Илемдеудің құрамы мен технологиясы қайта жаңартылған станның жабдықтарының негізгі тораптарының орналасу ерекшеліктері 2800 (соңғы клеттен жеделдетілген салқындату қондырғысына дейінгішектеулі қашықтық) К60 болатының көміртегі эквивалентінің төмендетілген мәнімен, в оның ішінде ванадий қоспалары жоқ.

2) Прокат үшін қыздыру температурасының 1240 °С-тан 1170-ке дейін төмендеуі анықталды °С термомеханикалық кейін металл салқындату төзімділігі мен соққы тұтқырлығын арттырады 30-40 Дж/см² жылдам

салқындатумен илемдеу барлық теріс диапазонда бұл ретте анадийсіз Болаттың соққы тұтқырлығы 40-80 Дж / см² қарағанда жоғары құрамында (Nb+V) болаттар үшін бір мезгілде болаттардың беріктік сипаттамалары, (Nb+V) және бір Nb, тиісінше 20-60 Н/мм² төмендейді .

3) Дамыған анадий емес Болаттың дәнекерлілігі жоғары екендігі көрсетілген К60 беріктік класындағы ниобий-ванадийлі Болаттың дәнекерленуі. Жылдамдық кезінде өнеркәсіптік дәнекерлеу құбырлар тән салқындату, металл соққы тұтқырлығы 20 °С - бір nb-мен микролегирленген. Болатта жік маңы аймағының (ОШЗ) (Nb + V) бар болат үшін, 50 Дж / см².

4) Құрамында 0,06-0,08 бар базалық құрамды үнемді қоспалау негізінде көміртегі және 1,5-1,7% марганец, никель, молибден, мыс және ниобийдің аз қоспалары пайдалану үшін бірегей Х70 (К60) беріктікке арналған хладқа төзімді Болат жасалған -40 °С температурада және оның термомеханикалық илемдеу технологиясы жасалды прокатта қалыңдығы 30 мм-ге дейін алуды қамтамасыз ететін жеделдетілген салқындату жоғары төмен температуралы дисперсті ферритті-бейинитті құрылым тұтқырлығы және өтпелі сынғыштық температурасынан төмен минус -40 °С .

5. Соңғысында деформация дәрежесін жоғарылатудың оң әсері анықталды болаттың механикалық қасиеттеріне алғашқы (алдын-ала) илемдеу. Соңғы үш өрескел прокаттау өткелдерінде жеке деформация дәрежесін жоғарылату 6-10% - дан 12-15% - ға дейін ұсақ қайта кристалданған астықты қалыптастыруға мүмкіндік береді аустенита-орта есеппен 8-10 мкм, сондай-ақ беріктік сипаттамаларын арттыру (аққыштық шегі және уақытша кедергі) орта есеппен 20 Н / мм² және тұтқырлық мөлшері сынақ температурасы -20 °С кезінде шамамен 20% - ға(абс)ант үлгілерінің құрамдас бөлігі икемділіктің нашарлауынсыз.

Зерттеу пәні қалыптасудың негізгі заңдылықтарын құру болды термомеханикалық илемдеу және термомеханикалық илемдеу процесінде төмен көміртекті үнемді легірленген құрылымы мен қасиеттерін жедел

салқындату беріктігі К60 санатындағы ферритті-бейинтті класс болаты. Жұмыста қолданылған металының құрылымы мен фазалық құрамын зерттеудің заманауи металлофизикалық әдістері оптикалық, мөлдір және растрлық электронды микроскопия көмегімен.

Тәжірибелі болаттардың механикалық қасиеттерін сынау беріктіктібағалауды қамтамасыз етті статикалық созылу, соққы тұтқырлығы, кедергі кезіндегі қасиеттері мен икемділігі құрылымдық компоненттердің микроқаттылығын өлшеу. Диссертацияда жеті тарау және негізгі тұжырымдар бар.

Өнімділікті, үнемділікті арттыру және төмендету қажеттілігі жұмыс параметрлері - газ және газ қысымы есебінен магистральдық газ құбырларының металл сыйымдылығы құбырлардың диаметрі беріктікке қойылатын талаптардың үнемі жоғарылауын болжайды, тұтқырлығы және хладостойкости . Ресейлік және шетелдік ғылыми-зерттеу институттарында жүргізілген көптеген зерттеулер парақты жалдауға қойылатын талаптарды қалыптастыруға мүмкіндік берді, сондай-ақ, төмен легирленген болаттан жасалған құбырлар . Отандық және импорттық жеткізу құбырларын таңдау процесін жүйелеу мақсатында "Газпром" ААҚ магистральдық, байлау және кәсіпшілік газ құбырларын салу 1997 жылғы қаңтарда газ және газ құбырларында Болат құбырларды қолдану жөніндегі жаңа Нұсқаулық қолданысқа енгізілді мұнай өнеркәсібі.

Осы нұсқаулыққа сәйкес төсеуге арналған пайдаланудың есептік температурасы үшін газ-мұнай құбырларының барлық түрлері айналатын өнімнің температурасынескере отырып қабылданады құбырдың қоршаған ортамен өзара әрекеттесуі және сәйкесінше шектеу құбыр қабырғасының температурасына байланысты әртүрлі маркалыболатты қолдану пайдалану және есептелген құрылыс температурасы. Газ, су және мұнай тасымалдайтын құбырларға арналған құбырларғақойылатын техникалық талаптар

Мұнай және газ салаларында, сондай-ақ бөлім әзірлеген үшін құбырларға арналған техникалық шарттар "американдық мұнай институтын құбырлар " API 5L [3], және қазіргі уақытта көптеген өндірушілер Болат әзірлеу кезінде газ-мұнай құбырлары үшін осы құжаттарды басшылыққа алады. API стандартындағы химиялық құрамы мен механикалық қасиеттеріне қойылатын талаптардағы айырмашылықтар 2000 жылғы 5L болаттар сапаның екі санатына бөлінеді - PSL1 және PSL2.

Химиялық құрамы бойынша талаптар ең алдымен жоғарғы шектерді шектейді құрамында көміртегі, марганец, күкірт және фосфор бар. Микролегативті элементтерді қолдану (титан, ванадий және ниобий) рұқсат етіледі, бірақ олардың массалық үлесі қатаң келісілмеген. Осындай осылайша, техникалық жағдайлар химиялық түрленудің кең мүмкіндіктерін ұсынады алу үшін әр түрлі өндіріс технологияларын қолдану және сәйкесінше А-дан Х80-ге дейінгі беріктік класындағы құбырлар.

Сонымен қатар, PSL1 сапа санаты бойынша жеткізілген кезде сыну тұтқырлығын сынау мүмкін емес міндетті; PSL2 бойынша жеткізу кезінде, сондай-ақ өткір кескішпен соққы тұтқырлығын сынау ант үлгілерінде міндетті болып табылады. Құбыр болаттарын өндіру кезінде "Газпром" ААҚ нұсқаулығын пайдалану не API 5L техникалық шарттары жаңа, неғұрлым технологиялық және сапалы болуды талап етеді дәстүрлі, өндірілетін және жеткізілетін болаттарды жетілдіруге қосымша негізінен зауытаралық техникалық шарттар бойынша.

Газ, су және мұнай тасымалдайтын құбырларға арналған құбырларға қойылатын техникалық талаптар. Мұнай және газ салаларында, сондай-ақ бөлім әзірлеген үшін құбырларға арналған техникалық шарттар "американдық мұнай институтын құбырлар " API 5L [3], және қазіргі уақытта көптеген өндірушілер Болат әзірлеу кезінде газ-мұнай құбырлары үшін осы құжаттарды басшылыққа алады.

API стандартындағы химиялық құрамы мен механикалық қасиеттеріне қойылатын талаптардағы айырмашылықтар 2000 жылғы 5L болаттар сапаның екі санатына бөлінеді - PSL1 және PSL2.

Химиялық құрамы бойынша талаптар ең алдымен жоғарғы шектерді шектейді. Құрамында көміртегі, марганец, күкірт және фосфор бар. Микролегативті элементтерді қолдану (титан, ванадий және ниобий) рұқсат етіледі, бірақ олардың массалық үлесі қатаң келісілмеген. Осындай осылайша, техникалық жағдайлар химиялық түрленудің кең мүмкіндіктерін ұсынады алу үшін әр түрлі өндіріс технологияларын қолдану және сәйкесінше А-дан Х80-ге дейінгі беріктік класындағы құбырлар.

Сонымен қатар, PSL1 сапа санаты бойынша жеткізілген кезде сыну тұтқырлығын сынау мүмкін емес міндетті; PSL2 бойынша жеткізу кезінде, сондай-ақ өткір кескішпен соққы тұтқырлығын сынау ант үлгілерінде міндетті болып табылады.

Құбыр болаттарын өндіру кезінде "Газпром" ААҚ нұсқаулығын пайдалану не API 5L техникалық шарттары жаңа, неғұрлым технологиялық және сапалы болуды талап етеді дәстүрлі, өндірілетін және жеткізілетін болаттарды жетілдіруге қосымша негізінен зауытаралық техникалық шарттар бойынша.

Ресей Федерациясында құбырларға қойылатын талаптар ҚНЖЕ 2.05.06-85 нормаланады. "Магистральдық құбырлар". ҚНЖЕ құбырларға қойылатын жалпыланған талаптарды ұсынады, сондықтан нақты жұмыс жағдайлары үшін егжей-тегжейлі талаптар тұжырымдалады. Газ және мұнай құбырларында Болат құбырларды қолдану жөніндегі ведомствоаралық Нұсқаулық өнеркәсіп. Осы ұсыныстар негізінде металлургиялық кәсіпорындар құбырларға арналған қалың жаймалы прокатты жеткізуге арналған техникалық шарттар (ТШ) келісіледі және нақты жобалар бойынша электрмен дәнекерленген құбырлар. Бұл ретте нормаланатын сипаттамалары болып табылады :

- үзілуге уақытша қарсылық - σ_B ;

- аққыштық шегі – $\sigma_{0,2}$ немесе σ_T ;
- аққыштық шегінің ат уақытша кедергісіне қатынасы σ_T / σ_B ;
- δ (%) жыртылған кезде салыстырмалы ұзарту (парақта ол 2-3% артық

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V+Ti+Nb}{5} + \frac{Cu+Ni}{15} + 15B \quad (1)$$

мұндағы: Мп, V, nb, Ni, Си, Сг, Мо, В,

Ti - болаттағы осы элементтердің массалық үлесі;

$$P_{\text{ст}} = C + \frac{Mn+Cr+Cu}{20} + \frac{Si}{30} + \frac{Ni}{60} + \frac{V}{10} + \frac{Mo}{15} + 5B \quad (2)$$

мұндағы: С, Мл, Сг, Си, Si, ni, V, Мо, В - болаттағы элементтердің массалық үлесі;

- парактың бүкіл беті бойынша ультрадыбыстық бақылау кезіндегі тұтастық;
- парактың қалыңдығына, әртүрлілігіне төзімділік сәйкес келуі керек ГОСТ 19903 жоғары дәлдік, ұзындық, орақ тәрізді, беткі ақаулар бойынша,трасслою, плоскостност;
- микроқұрылымға қойылатын талаптар (кейде)
- өндіріс технологиясына қойылатын талаптар.

1.2 Қатайту механизмдері және олардың құбыр болаттарының суыққа төзімділігіне әсері

Төмен қоспаланған болаттан жасалған табақ прокатын өндіру дәнекерленген құбырларды дайындау, Әртүрлі механизмдерді қолдануды

қарастырады химиялық құрамы мен химиялық құрамы құрамын әзірлеуге қатаю және тиісті қазіргі заманғы құбыр болаттарының технологиялары.

Келесі қатайту механизмдері қолданылады: қатты ерітіндіні легирлеу ауыстыру немесе енгізу элементтері, микроқұрылымның негізгі бірліктерін ұсақтау, олар дислокацияның қозғалысына тиімді кедергілер болып табылады және оларды блоктайды қоспалар атомдары немесе екінші фазаның секрециялары. Дисперсті және біртекті құрылым құрылымдар Болаттың икемділігін және оның бұзылуына төзімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Бұл ұсақ астық, субқұрылым алу, құрамын азайту арқылы қол жеткізіледі қажет емес қоспалар, оның ішінде астық шекаралары бойынша сегрегация түзуге бейім қоспалар .

Болаттың құрылымдық жағдайын ескере отырып, оны нығайтудың мүмкін әдістері дислокация теориясын негіздейді. Құрылымдық күй Болаттың қабілетін анықтайды пластикалық деформация мен бұзылуға қарсы тұрыңыз. Ұтқырлықты азайту дислокация әртүрлі себептерге байланысты болуы мүмкін: байланыс күштерінің жоғарылауы басқа дислокация жағынан кедергі жасау, қоспаларды атомдармен дисперсті қатты қосындылар, кристалдар мен блоктар арасындағы шекаралардың болуы.

1.3 Магистральдық газ құбырлары үшін болаттар

Көміртек. Көміртекті жоғарылату-ең қарапайым және арзан әдістердің бірі Болаттың беріктік қасиеттерін арттыру әдістері. Алайда көміртегі мөлшерінің жоғарылауы сынғыштыққа және дәнекерлеудің нашарлауына төзімділікке теріс әсер етеді .

Көміртегі құрамының жоғарылауы аустениттің тұрақтылығын арттырады, төмендетеді мартенситтік нүктелер және перлиттің көлемдік

үлесінің артуына әкеледі. Бақыланатын құрылымдағы өзгерістер жоғарыда сипатталған механикалық қасиеттердің өзгеруіне әкеледі.

Көміртектің беріктенуінің негізгі оң сәті-ав өсуі, стг озыңқы өсуі, бұл феррит дәнінің аздап ұсақталуымен байланысты және перлиттің көлемдік үлесінің артуымен. Көміртектің төмендеуі марганецтің концентрациясын арттыруға мүмкіндік береді, бұл құрылымдағы бейнетаспа компонентін алу үшін қолайлы. Көміртегі болған кезде 0,08-0,09% - дан төмен балқыманың кристалдануы перитектикалық реакцияға ұшырамайды. Бұл жағдайда кристалдану 5-феррит арқылы жүреді, мұнда балқытылған элементтердің диффузиясы көп марганец мөлшері жоғары болған жағдайда өте маңызды.

Кремний. Ең қатты ерітінді кремниймен нығайтылады. Аққыштық шегі 85 Н/мм² артады 1% массалық үлеске [29], құрамында 0,5-тен астам кремний болған кезде% тұтқыр-сынғыш ауысу температурасының жоғарылауы байқалады, ең қарқынды кремнийдің мөлшері 1,0% - дан асқан кезде байқалады.

Мазмұнын арттыру Si шамадан тыс қаттылықты күшейтеді және Al әрекетін «итеру» арқылы күшейтеді қатты ерітіндіден азот және көміртек. Әдетте құбырларды жасау үшін қолданылады 0,02-0,06% қалдық алюминийден тұратын тыныш болаттар. Бұл қамтамасыз етеді барлық азотты тіп нитридiне байланыстыру (ол аустениттік дәннің өсуін тежейді) және суыққа төзімділіктің жоғарылауы.

Марганец болатты едәуір қатайтады, ал құрамы 1,5% - дан аз бастапқыда сынғыш сынуға төзімділіктің жақсаруымен бірге жүреді. Әсері қатты а-ерітіндінің қатаюы Атом радиусының айтарлықтай айырмашылығымен байланысты. Марганецпен допинг конверсия температурасын төмендетеді, бұл ұнтақтауға әкеледі феррит дәндері және перлит учаскелері.

Хром, никель және мыс. Құрамында марганец бар Болатта (0,2% С) хром мөлшері 0,7-ге дейін%, никель 1% - ға дейін және мыс 0,4% - ға дейін оның

стандартты қасиеттеріне әлсіз әсер етеді және өзгермейді құрылымдық компоненттердің қатынасы (астықты біршама үлкейтеді).

Болатты легирлеу жүйесінде молибденді қолдану оның қабілетіне негізделген салқындаған кезде болатқа перлитті түрлендіруді тежеу сондай-ақ ниобий карбонитридтерінің және ванадий.

Микролегативті элементтер-ниобий, ванадий, титан. Аустенит және феррит дәндерін илемдеуге немесе илемдеуге қыздыру процесінде ұсақтау үшін ниобийді термиялық өңдеу ең тиімді микролегативті болып табылады элементі. Сонымен қатар, ниобий қайта кристалдануды тежеудің максималды әсеріне ие аустенит термомеханикалық илемдеу кезінде, бұл астықтың осындай ұсақталуына әкеледі, оған ешқандай термиялық өңдеу процесі қол жеткізе алмайды. Басқа ниобийдің пайдалы әсерлері: қаттылыққа байланысты конверсия температурасының төмендеуі әсер ету және дисперсияны қатайту .

Ниобий барлық құрылымдық процестер тұрғысынан тиімді, ал мысалы, ванадий астықтың өсуіне және қайта кристалдану кинетикасына әлсіз әсер етеді аустенит, сондықтан ванадийді басқалармен бірге қолданған жөн дисперсиялық беріктендіруге арналған микроқоспалар [31]. 0,01 енгізу кезінде қатайту әсері% ниобий ванадийден екі есе жоғары. Ниобиймен микролегирленген кезде қатайту болатқа енгізу кезінде байқалмайтын Болаттың суыққа төзімділігінің артуымен қатар жүреді ванадий.

Ыстық илектеу кезінде аустенит дәнінің мөлшерін бақылау көмектеседі жоғары температурада тұрақты нитридтерді құрайтын титан жасаңыз аустениттік аймақта, сондай-ақ дәнекерлеу кезінде, әсіресе термиялық әсер ету аймағында (шағын қоспалар шамамен 0,01-0,02%). Титанды қатайту үшін қолдануға болмайды, қажетті әсерге оның үлкен мазмұнымен қол жеткізілетіндіктен, бұл айтарлықтай дәнекерлеу кезінде термиялық әсер ету аймағының тұтқырлығы төмендейді. Күкірт пен фосфордың Болаттың қасиеттеріне әсері. Ластанудың дәрежесі және тіпті сипаты қоспаларға айналғаны және қасиеттері бойынша металл емес қосындылар мыналарға

байланысты түбегейлі өзгеруі мүмкін болаттардың беріктігі мен құрылымының деңгейінен, сондай-ақ қосындылардың нақты морфологиясынан және қоспалардың болу формалары.

Жоғары тазалыққа қойылатын талаптар көбінесе күкірт құрамындағы шектеулерді біріктіреді алайда олардың Болаттың қасиеттеріне әсер ету механизмі түбегейлі ерекшеленеді. бұл аз легірленген болаттардағы фосфордың тәуелсіз рөлі, тіпті одан да көп фосфор мен күкірттің болуы өте шектеулі зерттелген .

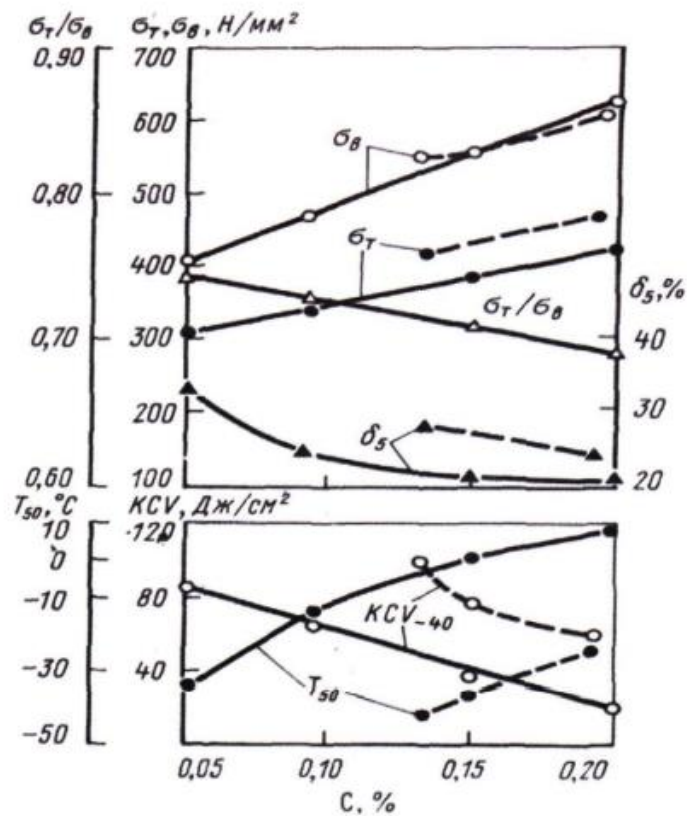
Болатты фосфордан тазарту соққыны арттыру әсерін екі есе арттырады терең күкіртсіздендіру нәтижесінде алынған тұтқырлық.

Болат механикалық қасиеттер кешенін тиімді жақсартады және олардың анизотропиясын азайтады күкірт мөлшері аз болған жағдайда ($< 0,010\%S$). Болаттың беріктігін арттыру кезінде соққы тұтқырлығының күкірт деңгейіне сезімталдығы біршама төмендейді.

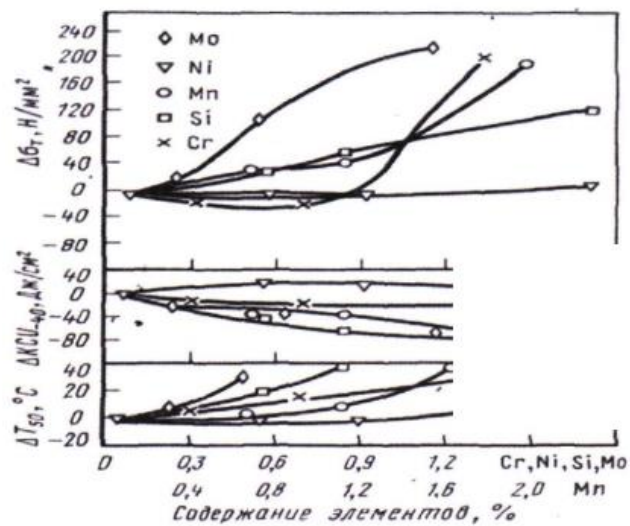
Терең күкіртсіздендіру ($0,005\%$ - дан төмен), айтарлықтай жақсаруды қамтамасыз етеді .

Болаттың тұтқырлығы экономикалық легірленген болаттардың беріктігінің салқындауын жақсартудың маңызды факторы ретінде бағалануы мүмкін ($AOA > 490 \text{ Н / мм}^2$ арқасында 40°C -тан төмен температурада тұтқырлық қоры. Осылайша, бір уақытта қамтамасыз ететін Металлургиялық процестерді дамыту болатты Күкірт пен фосфордан терең тазарту өзекті мәселе болып табылады. Болаттың қасиеттеріне азоттың әсері. Азот негізгі металл аймағында да, жылу аймағында да соққы тұтқырлығын төмендетеді және өте төмен деңгейде ұстау керек. Азот мөлшері төмен аустенитте ниобийдің ерігіштігі артады, бұл аққыштық шегін арттырады.

Азоттың аз мөлшерінің оң әсері-бұл бірге микролегирлеуші элементтер олардың карбонитридтерін құрайды, олар қосымша болатты нығайтуға қосқан үлесі.



1.1 Сурет – Болаттардың механикалық қасиеттеріне көміртектің әсері



1.2 Сурет – Легирленген элементтердің қалыпқа келтірілген қасиеттерге әсері 20Г2 типті төмен қосындыланған болат (1,5% Мп)

1.4 Табақ прокатының микроқұрылымының беріктік қасиеттеріне әсері

Құбырларды жасау үшін құрылымы әртүрлі үш негізгі типтегі болаттар қолданылады және, тиісінше, химиялық құрамы :

1) дәстүрлі феррит-перлит төмен перлит болат, үшін созылу қисығы аққыштық алаңымен сипатталады;

2) аралық немесе мартенситтік өнімдері бар ферритті-перлитті болаттар жоғары беріктікке ие түрленулер (бейнитит / мартенсит);

3) көпбұрышты емес феррит құрылымы бар болат және екінші фаза төмен көміртекті бейнит немесе ма-фазаның учаскелері (мартенсит және қалдық аустенит), үздіксіз созылу қисығы бар.

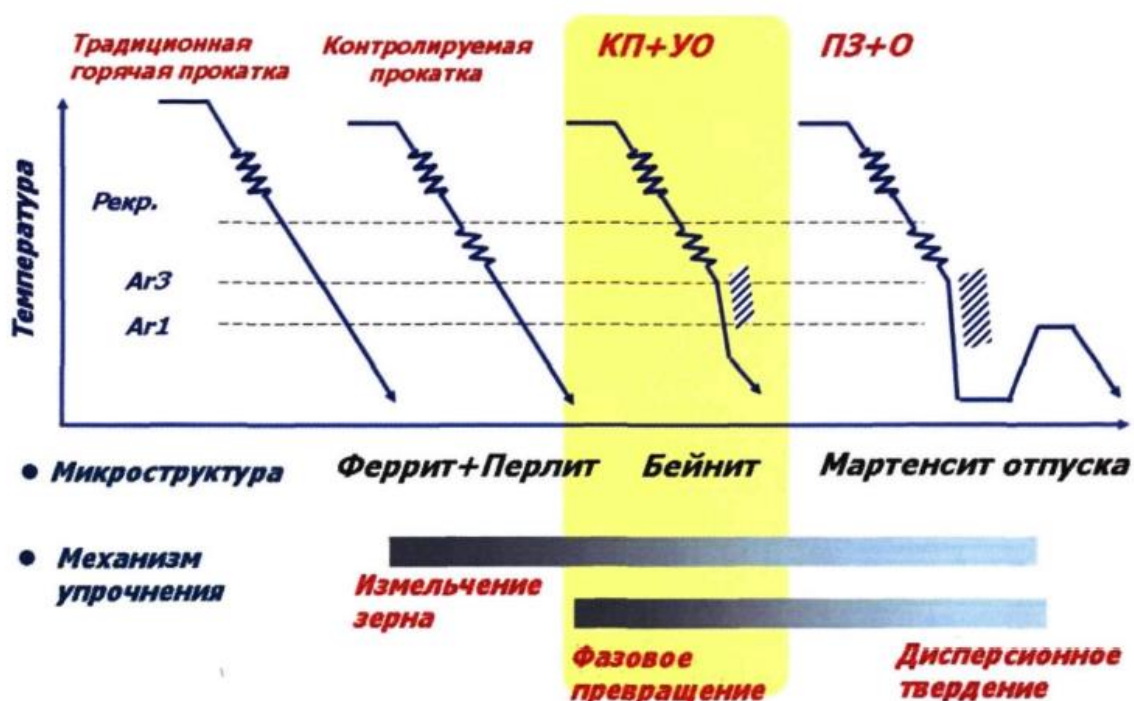
Ферритті матрица-X70-X80 беріктік класы. Көпбұрышты феррит (Ф) оның құрылымы және дислокация тығыздығы жоғары, шекаралары тегіс және дәндердің эквивалентті формасы. Феррит-ең төмен және "жұмсақ" компонент болат құрылымы. Дамыған кез-келген ферритті полигональды емес деп атауға болады құрылымы, дислокацияның жоғары тығыздығы, біркелкі емес шекаралар (квазиполигональды феррит-КФ) немесе иненің пішіні (ИФ). Болаттағы екінші фазаның беріктігі айтарлықтай ойнайды рөл және келесі ретпен өседі: перлит (П), бұзылған перлит (ЖІӨ), бинит (Б), МА-фаза, яғни жоғары көміртекті мартенситі бар қалдық аустенит учаскелері және мартенсит (М). Бұл құрылымдық компоненттердің беріктігі әр түрлі болады және мазмұнына байланысты көміртегі.

Стрипсті өндіру технологиясы қажет микроқұрылыммен анықталады металл құбырлар қасиеттерін қамтамасыз ету үшін алыңыз және қатайту механизміне байланысты бұл ретте іске асыру қажет.

Жоғарыда айтылғандай, нығайтудың жалғыз механизмі Болаттың беріктік қасиеттері, сондай-ақ оның суыққа төзімділігі астықты қатайту болып табылады, ферритті матрицаның ұсақ дәнін қалыптастыру арқылы жүзеге

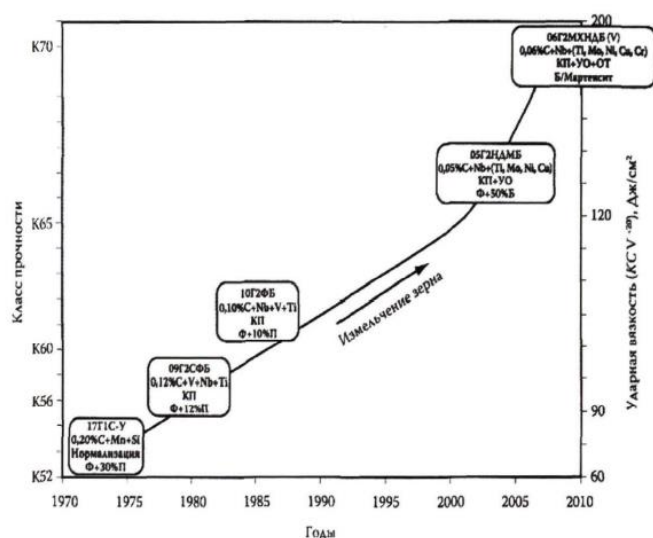
асырылады. құбыр болаттарының даму бағыты көрсетілген жоғары беріктік сипаттамалары мен металдың жоғары тұтқырлығының үйлесімі көміртегінің құрамы төмен болаттарда, микролегирлеумен және салқындату кезінде аустениттің тұрақтылығын арттыратын элементтерді қосу арқылы (Mo, Ni,).

Өткізу қабілетін арттыру үшін газдың жұмыс қысымын 12 МПа-ға дейін арттыру құбырлар қажет болған жағдайда металдың жалпы шығынын азайтуды қамтамасыз етті өте төмен көміртекті пайдаланудың маңызды экономикалық артықшылықтары ($c < 0,05\%$) беріктігі X70-KX100 төмен қоспаланған болаттан жасалған, тек қана ұсақ түйіршікті көпфазаның қалыптасуына байланысты жоғары құрылымдық беріктігі арнайы карбидтердің дисперсті бөлшектерімен нығайтылған матрицаның құрылымы.



(КП-бақыланатын прокаттау; УО-жедел салқындату; ПЗ-прокаттаудан шынықтыру жылыту; о-демалыс)

1.3 Сурет – Стрипс өндірісінің әртүрлі технологиялық нұсқаларының схемалары



1.4 Сурет – К52-К 70 беріктік класының болаттарын дамыту

Болаттың химиялық құрамын және оны өндіру технологиясын әзірлеу қол жеткізілетін болаттарды нығайтудың барлық белгілі тетіктерін оңтайлы іске асыру қазіргі заманғы илемдеу технологиясын қолдану . Қолданылатын технологиялар, әрине, кәсіпорындағы жабдықтар жиынтығымен және оның ерекшеліктері бар.

Химиялық құрамның, микроқұрылымның, өндіріс технологиясының өзара байланысы және болаттың механикалық.

Қазіргі заманғы жоғары беріктігі төмен легіріленген негізгі тұжырымдамалар құрылымдық болаттар келесідей тұжырымдалады :

- болаттағы көміртегі мөлшерінің төмендеуі;
- зиянды қоспалар мен металл емес қосындылардың құрамын төмендету;
- қатты беріктендіру дисперсиясын ауыстыру;
- астықты термомеханикалық өңдеу және микролегирлеу арқылы ұсақтау.

К60 класты Болаттың жоғары беріктігі мен жақсартылған соққы тұтқырлығы бақылау илемдеу режимін оңтайландыру және С/Мп

арақатынасын төмендету нәтижесінде. Ванадий қоспалары дисперсияны қатайту арқылы беріктікті арттырады ванадий карбонитридтерінің бөлінуіне байланысты феррит.

1.5 Құбыр болаттарының дәнекерленуі

Көптеген заманауи болаттарда электрмен дәнекерленген құбырларды өндіруде аймақ тұтқырлықтың ең кіші мәндері тігістің шекарасына тікелей жақын орналасқан және көрсетілгендей , оның төмен мәндері негізінен байқалады (Болатта басқалар болмаған кезде 0,09% - дан астам көміртегі болған кезде. Зиянды қоспаларды бөлу қатаю процесінде перитектикалық реакция кезінде пайда болатын микроқұрылым көміртегі мөлшері 0,09% - дан жоғары, жергілікті сынғыш аймақтарды құрайды. Атап өтілгендей, мұндай жеке аймақтар легирлеуші элементтермен байытылған, бұл өсуге әкеледі қыздырылатын™ Болат. Жарықтың критикалық ашылу шамасының төмен мәндері жоғары сегрегация аймақтарымен байланысты. Осылайша, жергілікті химиялық бұл аймақтардың құрамы тұтқырлықтың төмен мәндеріне жауап береді. Гомогенді алу үшін күйлер сұйық болаттың кристалдануының тар аралығын және одан жоғары болуын қажет етеді көміртегі бар болаттарда байқалатын элементтердің диффузиялық қозғалғыштығы 0,09%-дан аз, мұнда кристалдану 5-феррит арқылы жүзеге асырылады.

Дәнекерлеу шарттары мен легирленген элементтердің мазмұнын теңгерімді таңдау сізге термиялық әсер ету аймағында қамтамасыз ететін оңтайлы микроқұрылымды алыңыз жоғары тұтқырлық, атап айтқанда төмен көміртекті ине ферритінің құрылымы. Қалай керек жұмысында келтірілген мәліметтерден химиялық заттармен анықталатын конверсия температурасы

Болаттың құрамы микроқұрылымды қалыптастыру процестерін басқарады. Төмен 500 °C-тан жоғары температурада айналу нәтижесінде

қоспалаушы элементтердің қарастырылып отырған Болат үлгілерінің микроқұрылымында жоғарғы бейниттің учаскелері байқалады, бұл тұтқырлықтың күрт төмендеуіне әкеледі. Төменгі легіріленген болаттарда айналдыру температурасы 400-ден 480 °C-қа дейін, жоғарғы БИН толығымен ауыстырылды төменгі инелі бейнитпен және өздігінен басылатын мартенситпен тұтқырлықты арттыруға ықпал етіңіз. Артық допинг жағдайында өте байқалады трансформация температурасының төмен мәні, нәтижесінде шығарылмаған учаскелер пайда болады Болаттың тұтқырлығын төмендететін мартенсит. Допинг элементтерінің оңтайлы мазмұны әдетте тұтқырлығы жақсы төмен көміртекті болаттарда жоғары . Металл емес қосындылардың төмен көлемдік үлесінен басқа және қамтамасыз ету үшін зиянды жергілікті сынғыш аймақтары жоқ микроқұрылымдар жоғары тұтқырлық мәндері жақсы аралық біріктіруді қажет етеді. Шекараларды күшейту дәндер интеркристаллитті сынудың пайда болуына ықпал етуі мүмкін. Бұл түр бұзылу көбінесе болаттағы фосфордың құрамымен байланысты. Фосфор үрдісі бар астық шекараларына бөлу, бұл жылу қолданылған кезде өте қауіпті процесс барысында пайда болған ішкі кернеулерді азайту үшін дәнекерлеуді өңдеу дәнекерленген құрылымды дайындау. Фосфордың критикалық құрамы 0,013%, бұл қазіргі болаттардағы оның мазмұнының төменгі деңгейіне сәйкес келеді.

Көптеген жоғары беріктігі төмен легіріленген болаттарда ең төменгі деңгей бар тұтқырлық дәнекерлеу шекарасының жанындағы дәнекерлеудің термиялық әсер ету аймағында байқалады, әлсіз ашылмаған мартенсит аралдарының қолайсыз қалыптасуы мүмкін қыздырылған кезде ванадийдің көп мөлшері бар микролегіріленген болаттарда пайда болады бұл межкритическую облысы. Екі фазалы α — γ -аймағының температура диапазонында бұл элемент ол әдетте қатты ерітіндіде болады, бұл кальцийленудің жоғарылауына ықпал етеді аустенит және мартенсит салқындаған кезде пайда болады .

Жұмыстың авторлары талаптардың қажетті деңгейін қамтамасыз ету үшін қазіргі заманғы құрылымдық болаттардың қауіпсіздігі мен беріктігі төмен болуы керек көміртегі мөлшері, металл емес қоспалардың аз мөлшері және ұсақ дәні бар.

Мұндай болаттар сонымен қатар дәнекерлеудің жақсартылған сипаттамаларына ие, бұл стратификацияны жою. Өндіріске арналған заманауи болаттарды қолдану экономикалық әсер алуға болады, өйткені олар мыналарды қамтамасыз етеді дәнекерлеуді жарықсыз, тіпті алдын ала қыздырусыз да алу мүмкіндігі. Ниобийдің дәнекерлеуге әсері тұрғысынан оның маңызды факторы айналу температурасын төмендету және инелердің санын көбейту мүмкіндігі егер ол аустениттің қатты ерітіндісінде болса, ыдырау өнімдері. еңбектерінде көрсетілгендей, дәнекерленген металл (ОШЗ) жоғары хладостойкость құбырларды қосу дәнекерлеу кезінде келесі технологиялық әдістерді біріктіру арқылы алынады:

- дәнекерлеуден кейін жылдам салқындатуды қолдану, бұл оңтайлы жағдай жасайды көпбұрышты феррит және мартенсит түзусіз ОШЗ металындағы аустениттің түрленуі;

- фазаға ұқсас әсер ететін 35 кДж/см-ге дейін дәнекерлеу кезінде жылу енгізуді азайту айналу. Микролегативті элементтер - мысалы, ниобий-аустениттің тұрақтылығын арттырады, ОШЗ металында және қолданыстағы технология жағдайында ферритті түрлендірулерді тежеу зауыттық құбырларды дәнекерлеу перлит-БИН құрылымына өтуге ықпал етеді. Титан (TiN) 0,030% дейінгі мөлшерде де қажет, өйткені ол аймақтың қасиеттеріне оң әсер етеді термикалық ықпал ету (ЗТВ) .

Қазіргі уақытта беріктігі жоғары болаттан жасалған табак прокатын өндіру технологиясы со-ны прокаттағаннан кейін тікелей жеделдетіп салқындатуды пайдалануға бағдарланады болуын немесе шектеулі болуын қамтамасыз ететін салқындату жылдамдықтарымен көпбұрышты феррит.

Бұл технология (келесі демалысты қолдана отырып немесе онсыз) сізге сенімді өндірісте қажет болаттардың жоғары механикалық қасиеттерінің кешені жоғары қысымда жұмыс істейтін дәнекерленген құбырлар. Беріктік көрсеткіштерінің артуы және мұндай болаттардың соққы тұтқырлығына көміртектің массалық үлесін мүмкіндігінше азайту арқылы қол жеткізіледі төмен мандер мен марганецті қолдану микролегирлейтін элементтермен үйлеседі, ниобий, ванадий және бор, аустениттің тұрақтылығын тиімді арттырады. Үшін авторлар допинг элементтерінің мазмұнын рұқсат етілген өзгерту аралықтарын анықтайды олардың Дәнекерлеуге және негізгі қасиеттерін қалыптастыруға әсерін зерттеді әр түрлі илектеу және термиялық өңдеу схемаларын қолдана отырып жасалған металл. Кезінде бұл көміртектің массалық үлесін 0,05 - тен 0,20% - ға дейін, марганецті 0,5-тен 2,0% - ға дейін және ниобийді өзгертті — 0-ден 0,10% - ға дейін. Біз екі допинг схемасын қарастырдық: борсыз және бордың массалық үлесі 0,002%. Барлық балқытудағы ванадий мөлшері тұрақты болды (0,08%). Дәнекерлеуді зерттеу нәтижелері химиялық өзгерістің өзгеру диапазонын көрсетеді

Болаттың құрамы, көміртегі мен марганецтің қатынасы, оның тұтқырлығы әсер етеді металл OSHZ негізгі металдың соққы тұтқырлығына тең болады, ол өте жақсы тар шектерде. Дәнекерленген құбырларға арналған

Болаттың құрамын таңдағанда ағынның астында автоматты дәнекерлеу арқылы массалық үлестің азаюын ескеру қажет пайыздың әрбір жүзден бір бөлігіне 0,13% - дан (1,30% Мп-дан) көміртегі өтелуі керек марганецтің массалық үлесін 0,20% - ға арттыру. Сонымен, Болатта 0,05% көміртегі бар марганецтің құрамы 2,0% Мп, өте төмен көміртекті (0,02-0,03% С) — 2,40% . Жоғарыда келтірілген қатынастар Болаттың бор бар композицияларына жатады. Ағын қабаты астында дәнекерлеуден кейін 20 °С / с жылдамдықпен жеделдетілген салқындату ОШЗ металының соққы тұтқырлығы деңгейін төмендету қажетті массалық үлесін азайту болаттағы марганец, мысалы, 0,05% көміртегі үшін 1,8% марганец қажетболады.

Дәнекерлеуден кейін салқындату жылдамдығы $90\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$ дейін жоғарылағанда, тамырға тән және салқындату жылдамдығы $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$ болған кезде газ құбырларын монтаждау шарттары, марганецтің массалық үлесін азайту мүмкіндігі металл қасиеттерінің айтарлықтай нашарлауы сақталады.

Айнымалы кезінде аустениттің ОШЗ-ға айналу кинетикасын дилатометриялық талдау бордың қатысуымен және онсыз көміртегі, марганец және ниобий мөлшері келесідей анықталды ережелер:

- марганец сыни беріктендіру жылдамдығын төмендетеді және аустениттің тұрақтылығын арттырады, оның әсер көміртектің әсер ету сипатына ұқсас;

- ниобий аустениттің тұрақтылығын арттырады және түйіршіктің пайда болуына ықпал етеді бейнита төмен салқындату жылдамдығының аралығында (атап айтқанда, ағынды дәнекерлеу кезінде).

Жоғары температуралы (қайта кристалдану) және төмен температуралы прокаттау төмен легірленген болаттың химиялық құрамы мінсіз бақыланатын прокатқа жарамды, өйткені сыни нүктелердің өзара орналасуы аустениттің қайта құрылуы мен қайта кристалдануы нақты анықтауға мүмкіндік береді КП-ның барлық үш кезеңінің температуралық аралықтары. Олар жеткілікті кең және қажетті параметрлер қалың жапырақты реверсивті технологиялық схемаға жақсы сәйкес келеді станов: деформацияның бірінші кезеңі өрескел прокаттау кезінде, ал екінші және үшінші кезеңдерде жүзеге асырылады таза болған кезде. Төменгі бөлігінде аяқталуы бар бақыланатын прокаттауды қолдану жағдайында (у+сс)-аудандар технологиялық схема біршама өзгереді, өйткені мүмкіндік жоқ КП екінші және үшінші кезеңдерін біріктіріңіз (температура аралығы үлкен), сондықтан сізге қажет екінші кезеңді алып тастаңыз (Агз нүктесінен төмен илемдеуді бастаңыз немесе екі ақпараттық үзіліспен үш кезеңде прокаттау).

Қарапайым көміртекті болаттар үшін температураны бөлу мүмкін емес , бұл жағдайда ыстық деформация процесі әртүрлі жағдайларда, соның ішінде

аустениттің ішінара қайта кристалдану аймағы. Нәтижесінде N өтуден кейін жалпы түрдегі мо жет материалы 2N-ге бөлінуі тиіс облыстардың әртүрлі рекристаллизационной предысторией, нәтижесінде аустениттің гетерогенді құрылымы қалыптасады, ол трансформация кезінде мұра болады у-шх.

Деформацияны термомеханикалық өңдеудің соңғы кезеңі ретінде пайдалану кристаллданбаған аустенит кешенді жақсартуға мүмкіндік береді әр түрлі болаттардың қасиеттері. Аустениттің деформациясы созылған "құймақ тәрізді" дәндер, сондай-ақ дәндердің ішінде деформация жолақтарының, егіздердің және аустениттің айтарлықтай өсуін қамтамасыз ететін дислокациялық құрылыстар Sv тиімді беттерінің аудандары. Трансформация кезінде аустениттің мұндай құрылымы негіздейді:

- ферриттің пайда болу орталықтары санының өсуі және Астықты ұсақтау;
- бейнит құрылымы бар болаттарда бейниттің дисперсиясын арттыру (мөлшерін азайту кристалдар мен пакеттер), сондай-ақ құрылымның біркелкілігін жоғарылату және жойылу мартенсит учаскелері;
- пакеттік мартенсит құрылымы бар болаттарда өлшемдердің азаюы орын алады мартенситтік пакет, аустениттің дислокациялық құрылымын мұра ету, фрагментация кристалдар және шекараларда сатылардың пайда болуы У+а облысының төменгі бөлігінде аяқтай отырып КП технологиялық схемасын қолдану өте жоғары қасиеттер кешенімен болат өндіруге мүмкіндік береді.

Технологиялық сызба екі үзіліспен деформацияның үш кезеңін қамтиды (қайта кристалдану температурасынан жоғары, в 7p - Ап интервалында және төменгі бөлігінде (у+а)-аймақтар: 680-650 °C кезінде), кейінгі салқындату ауада жүзеге асырылады .

Қолда бар деректер деформация кезінде жалпы қысудың азаюымен 900 °C температурада феррит дәнінің мөлшері азаяды. Шекаралық шарттар ниобий бар болаттар үшін жоғарыда аталғандардан шамамен 80-100 °C

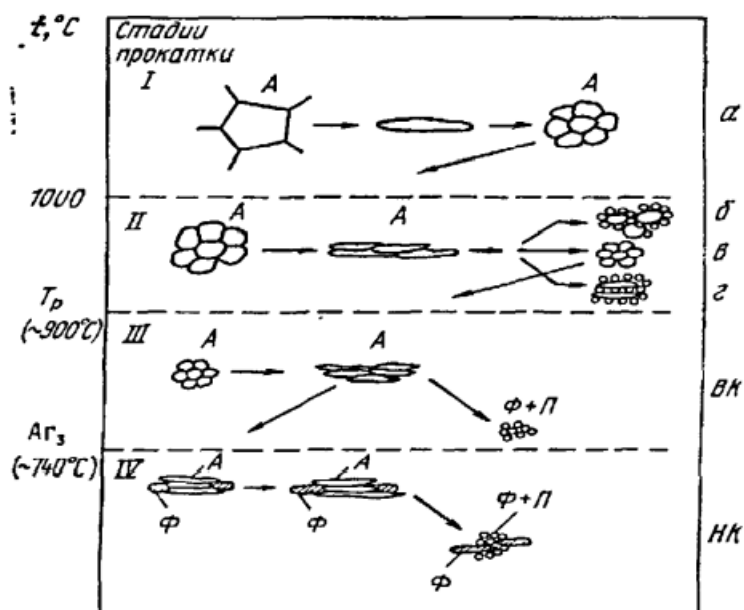
жоғары ниобийдің (-0,04%) статикалық процестің кідіруіне оң әсері 1000-900 °C температурада деформациядан кейін қайта кристалдану, титан қоспалары әрекет етеді (-0,04%); ванадий бұл бағытта іс жүзінде әсер етпейді. Осындай осылайша, микролегативті элементтерді - ниобий немесе титанды енгізу болатты ерекше етеді олар аустениттің қайта кристалдануын кешіктіретіндіктен, бақыланатын прокатқа жарамды қысыммен өңдеудің соңғы кезеңінде.

Бақыланатын илемдеуді (КП) қолдану қасиеттер кешенін жақсарту үшін тиімді құрылымдық болаттардың кең гаммасы. Бұл жағдайда ең жақсы нәтижелерге қол жеткізіледі, егер Болаттың құрамы және таңдалған КП параметрлері белгілі бір кезеңдерде қамтамасыз етілсе қажетті құрылымдық күйдің тұрақты қалыптасуы және оған қарсы тұрақтылық ерекше болып табылатын параметрлер мен химиялық құрамның кіші ауытқулары бақыланатын илектеу процесінің белгісі. Кәдімгі төмен легірленген болат үшін " өрескел " қайта кристалдану аймағы басталады 1000 °C және одан жоғары . Температураның осы аймағындағы деформация процесінде әр өту аустениттік астықтың қайта кристалдануы мен өсуімен аяқталады. Саласындағы 1000 және 900-850 °C аралығында орналасқан " жұқа " қайта кристалдану аяқталды аустениттік астық немесе аралас астық алынады. Төменгі Деформация температура (<850°c) аустениттік дәндердің қайта кристалдануымен қатар жүрмейді. Әсері қайта кристалдану температурасынан төмен температурада жүзеге асырылатын жекелеген өткелдер, жиынтықталады.

Аустениттік астықты 1000 °C және одан жоғары температурада ұсақтау ізбен сығу арқылы қамтамасыз етіледі, сондықтан аустениттік дәннің мөлшерін илектеу алдында

Жоғары температуралы аймақтағы қайта кристалдану процесіне және дәнді ұнтақтау дәрежесі. Ұсақ бастапқы аустениттік астық қажет, себебі астық мөлшерінің азаюымен қайта кристалдану деформациясының критикалық

дәрежелері едәуір нәтижесінде алынған қайта кристалданған аустениттік астық азаядыбастапқы аустениттік астыққа қарағанда біртекті және кішірек.



А - аустенит; Ф - феррит; П - перлит; а-деформация және қайта кристалдану б - жекелеген дәндердің өсуі; в-тең осьті құрылым; г-толық емес қайта кристаллизация ; ВКП және НКП-жоғары және төмен температуралы бақыланатын прокаттау; Гр - рекристаллизации температура

1.5 Сурет – Әр түрлі илектеу процесінде микроқұрылымның өзгеру схемасы

Еңбегінде қайта кристалданған аустениттік астық мөлшерінің бақыланатын илектеу арқылы алынған парақтың механикалық қасиеттері, зерттеу жүргізілді 10Г2Фб типті Болатта. Түрлі көлемдегі аустенитті астық алу (40-120 мкм) 1050-950 °с алдын ала илектеу аяқтау температурасын шектеу арқылы жетті (қалыңдығы 50 мм сутункалар; шамамен 40% қысу) ауада 850 °С дейін салқындатумен және бірдей режим бойынша (деформацияның аяқталу температурасы 740 °с) түпкілікті илемдеумен.

Қайта кристалданған аустенит дәнінің мөлшері Болаттың салқындауына әсер етті, оны астықты ұсақтаумен едәуір жақсартты. 60 мкм-ден аз d a.p астық

мөлшері бар болат ең жоғары суыққа төзімді болды, 1000 °C шамасында алдын-ала илемдеу температурасында алынған. суыққа төзімді құбырлар үшін болат өндіру кезінде аустенит дәні мөлшері 50 мкм-ден аспайды, сондықтан алдын ала илектеудің аяқталу температурасы ол 980-950 °C-тан асуы керек . Төмендегі температурада деформация құрылым мен қасиеттерге қатты әсер етеді қайта кристалдану температурасы (900-850 °C) және екі фазалы аймақта (~740 °C). Өзгерістер бұл жағдайда аустениттік дәндердің мөлшері болмайды; деформация дәрежесіне байланысты олар ұзартылып, қосымша қызмет ететін көптеген деформация жолақтарын құрайды жаңа фазаның пайда болу орталықтары, соның арқасында у - " а-трансформациядан кейін тек ұсақ түйіршікті феррит-перлит құрылымы. 900 °C-тан төмен температурада деформация қайта кристалданумен қатар жүрмейді, аустениттің наклепасы ұсақтаудың маңызды механизмі болып табылады деп болжау керек ферритті астық .

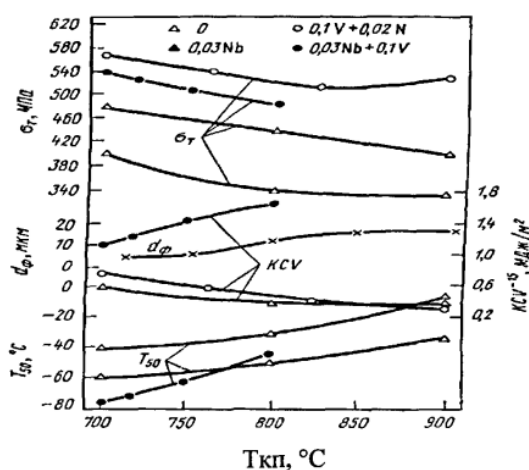
Прокат астындағы қыздыру температурасының қасиеттер кешеніне әсерін зерттеу мынаны көрсетті, қыздыру температурасының төмендеуімен Болатта беріктік қасиеттері біршама төмендейді ниобиймен және ванадиймен микролегия кезінде іс жүзінде өзгермейді, бірақ көрсеткіштер, бұзылуға төзімділікті бағалау, әсіресе салқындату шегі жақсарады, температурада ниобий бар болат үшін оңтайлы мәнге жетеді 1100-1150 °C қыздыру .

Болаттың қасиеттеріне илектеудің аяқталу температурасы әсер етеді (7кp), оның төмендеуі ферритті астықтың айтарлықтай ұсақталуына ықпал етеді, ең 800-750 °C температура аралығында айтарлықтай, сонымен қатар кәдімгі болаттарда және құрамында микролегациялық қоспалар бар болаттарда беріктік қасиеттері.

TCP <740 °C кезінде жоғары деңгейге қарағанда анағұрлым қарқынды катаю байқалады Tkp мәні. Сонымен, деформацияның аяқталуымен 680 °C кезінде илемдеу жоғарылауға әкелді аққыштық шегі 560 Н/мм² дейін (7кп=780 °C кезінде ат = 420 Н/мм²).

Күшейту әсері бақыланатын илектеу құрамында микролегативті болаттар бар болаттарда айқын көрінеді элементтер: ванадий, ниобий, титан. $T_{кп} < 750^\circ\text{C}$ кезінде пластикалық қасиеттері ол екі фазалы аймақта төменірек. Болаттың салқындауы айтарлықтай прокат температурасының 950°C -ден 680°C -қа дейін төмендеуімен жақсарады (шекті ауыстыру ниобиймен микролегияланған үшін 50°C және ванадий бар үшін 30°C құрайды. төмен қоспаланған болаттар), 740°C және одан да жоғары төменде Болаттың екі фазалы күйіне сәйкес келеді.

Сондықтан аз перлитті болаттардың екі фазалы аймағында бақыланатын илектеу микролегирлейтін элементтердің қосындыларымен және оларсыз бір мезгілде беріктікті арттыру және хладостойкое™ жақсарту, бұл ұсақтаумен түсіндіріледі ферритті астық, субқұрылымды қалыптастыру, дисперсиялық катаю және болжам бойынша. Табиғи көп қабатты металл қабаттарының пайда болуы, тепе-теңдік және деформацияланған ферриттен тұрады; бұл жағдайда бұзылубілімі бар расщеплений.



1.6 Сурет – МКК прокаттауды аяқтау температурасының астықтың қасиеттері мен мөлшеріне әсері

Табақ прокатын өндіру технологиясын әзірлеу беріктігі K60 :
Технология бойынша табақ прокатын өнеркәсіптік өндіру технологиясын
әзірлеу КП+УО қалыңдығы 17,8 мм K60 беріктік класының табақтық
прокатында жүргізілді. Ұсынылған және нақты химиялық құрам 4.1-кестеде
келтірілген. КО талаптары 13657842-241-2008, ұсынылған және нақты K60 .

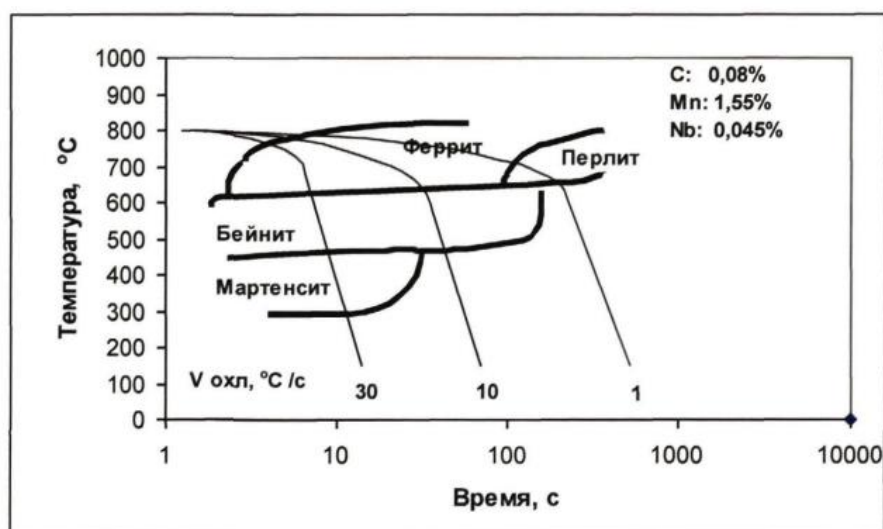
Жедел салқындатумен басқарылатын прокаттаудың нақты режимдері,
сондай-ақ қалыңдығы 17,8 ММ K60 беріктік класындағы табақ прокатының
механикалық қасиеттері, өндірілген көрсетілген техникалық келісім-
кестесінде көрсетілген.

2 Зерттеу әдістері мен материалдары

2.1 Жылдам салқындатумен төмен температуралы (бақыланатын) илектену

Деформация аяқталғаннан кейін аустениттің өзгеру процестерін басқару металлведческой негіз қолдану жедел салқындату [76]. Негізгі параметрлері, парақтың құрылымын қалыптастыруға жауапты-басталу, аяқталу температурасы жылдам салқындату және салқындату жылдамдығы. Варьирова бұл параметрлерді алуға болады төмен легирленген болаттан жасалған прокаттағы әртүрлі құрылымдық компоненттер.

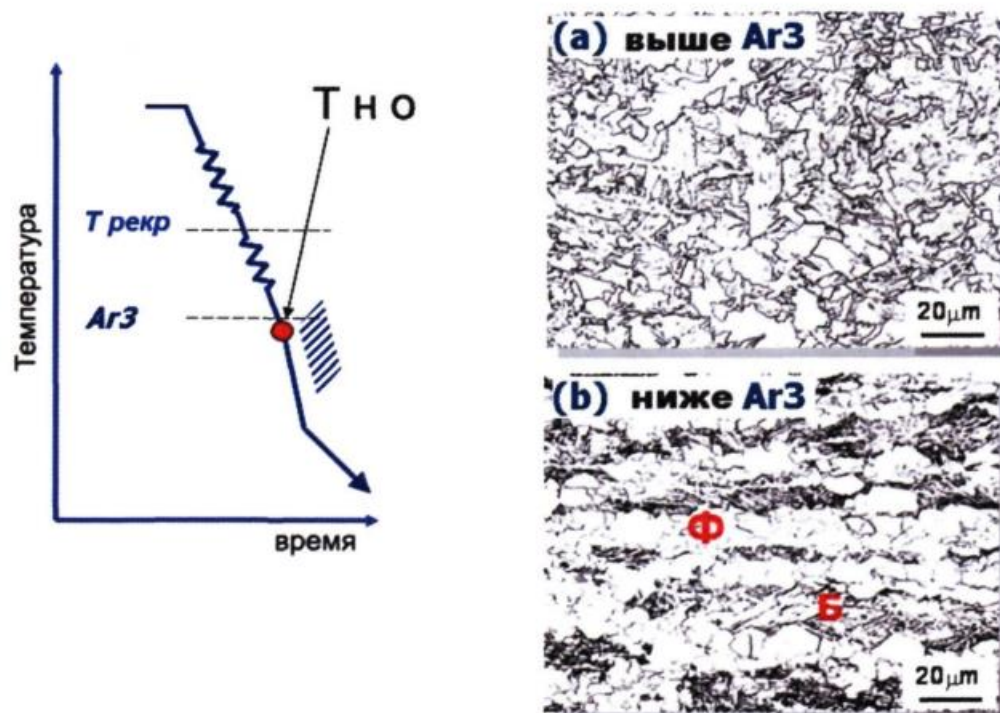
Болаттың термокинетикалық диаграммасы схемалық түрде көрсетілген, ванадиймен және ниобиймен біріктірілген. $1\text{ }^{\circ}\text{C} / \text{с}$ жылдамдықпен салқындаған жағдайда, соңғы болаттың құрылымы көпбұрышты феррит пен перлиттен тұрады. Жылдамдықтың артуымен салқындату және конверсия температурасының төмендеуі қашықтық, перлит колониясының мөлшері, жаңа Фаза орталықтарының пайда болу жылдамдығы артады у - >а-трансформация кезінде [27] құрылымда екінші фаза - бейнит басым бола бастайды. Кезінде $10\text{ }^{\circ}\text{C} / \text{с}$ жылдамдықпен салқындату перлит трансформация басылған болады, және болат болады феррит-БИН құрылымы. Салқындату жылдамдығының одан әрі $30\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$ дейін артуымен соңғы құрылымда мартенситтік учаскелер пайда болады.



2.1 Сурет – Болаттың термокинетикалық диаграммасының схемалықбейнесі, ванадиймен және ниобиймен, жеделдетілген салқындатудың әртүрлі жылдамдықтарында

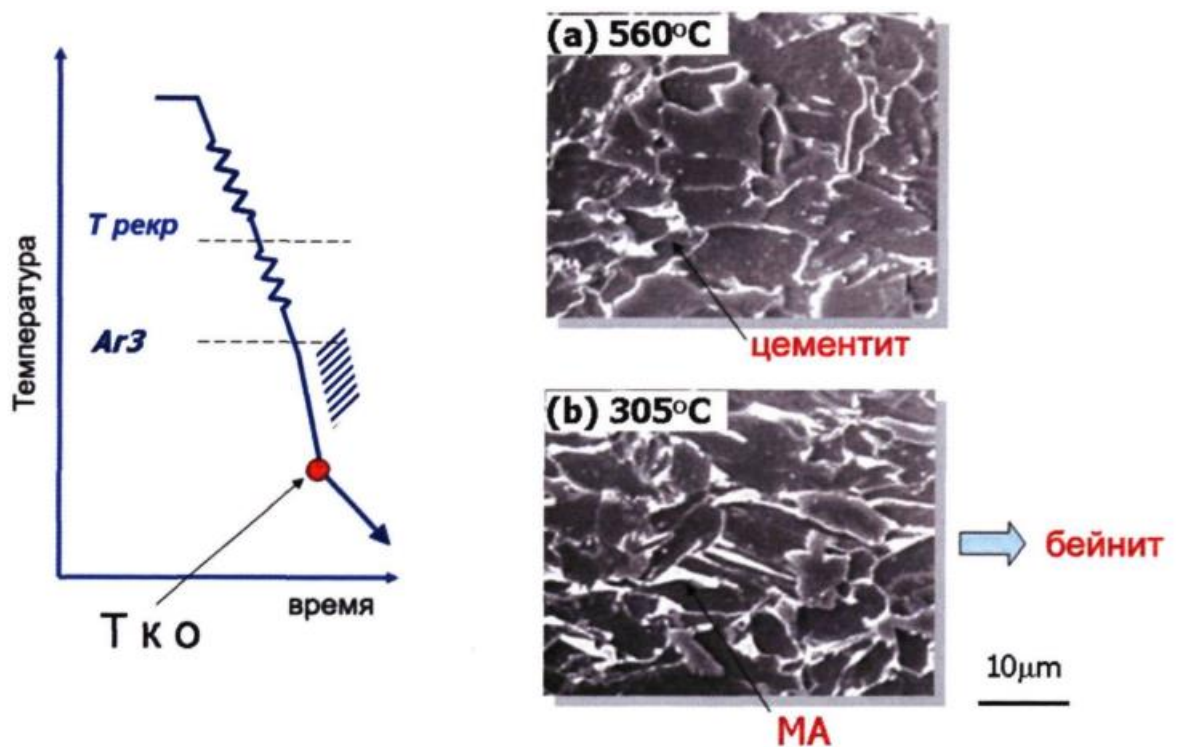
Жеделдетілген салқындатудың басталу температурасы құрылымдық түрге де айтарлықтай әсер етеді құрайтын [77]. Аустенитті аймақтан (АГҚ жоғары)жылдам салқындатуды бастау кезінде иненің феррит немесе бейнит құрылымы қалыптасады (1.12, а сурет). Егер жеделдетілсе салқындатуды Агз нүктесінен төмен, яғни аустениттің бір бөлігі айналған жерден бастаңыз ферритке (әдетте көпбұрышты) көміртеппен байытылған қалған аустенит, ол бейнитке (1.12, В сурет) немесе мартенситке айналады.

Жеделдетілген салқындатуды тоқтату температурасы конверсия өнімдерінің түріне әсер етеді және олардың дисперсиясы. Салыстырмалы түрде жоғары жылдамдықтағы салқындатуды тоқтату температура цементит түрінде 2 фазаның пайда болуына әкелуі мүмкін, а неғұрлым төмен температураларда-ма фазасының учаскелері бар бейнит түрінде (1.13-сурет, В) немесе тіпті мартенсита (мүмкін босатылған).



2.2 Сурет – Жеделдетілген салқындатудың басталу температурасының құрылымға әсер ету схемасы

Жоғарыда айтылғандай, парақта қажетті құрылымдық компоненттерді алу үшін салқындату жылдамдығын және жылдамдықтың басталуы мен аяқталуының температурасын анықтау қажетсалқындату, бұл ретте жедел салқындатылған прокатта төмен көміртекті болаттардың құрылымдық компоненттері дәстүрліден ерекшеленеді, изотермиялық түрлендіру кезінде алынған.



2.3 Сурет – Жеделдетілген салқындатудың аяқталу температурасының құрылымға әсер ету схемасы

Болаттың беріктігі микроқұрылымдық компоненттермен тікелей байланысты болғандықтан, яғни. ең алдымен, беріктігі, көлемдік үлесі және құрылымдағы фазалардың таралуы, әрі қарай X70-X80 беріктік санатындағы болаттардың фазалық құрамының мүмкін болатын өзгерістерін қарастырыңыз.

Тұтқырлығы бойынша орташа талаптары бар және кепілдіксіз X70 (K60) беріктік сыныбы үшін тұтқыр компонент DWTT үлгілерінің сынуында термомеханикалық илемдеу қолданылады 15 мм-ге дейін (X70 үшін) және 25 мм-ге дейін (K60 үшін), үлкен қалыңдығы екі жағдайда да жеделдетілген салқындатуды қолданады.

Қандай да бір арнайы талаптары жоқ беріктік санаты X70, K60 прокаты, 10Г2ФБ типті болаттан жасауға болады. Үшін қажетті механикалық қасиеттер

кешені мұндай прокатты алынған дәстүрлі феррит-перлит құрылымымен қамтамасыз етуге болады бақыланатын илектеу нәтижесінде

Феррит-перлитикалық болаттар егжей-тегжейлі зерттелді. Қорытынды жасалды, бұл ұлғайтумен перлиттің көлемдік үлесі сынғыш-тұтқыр ауысу температурасы айтарлықтай жоғарылайды және тұтқырлық бұзылу аймағында соққы тұтқырлығы төмендейді.

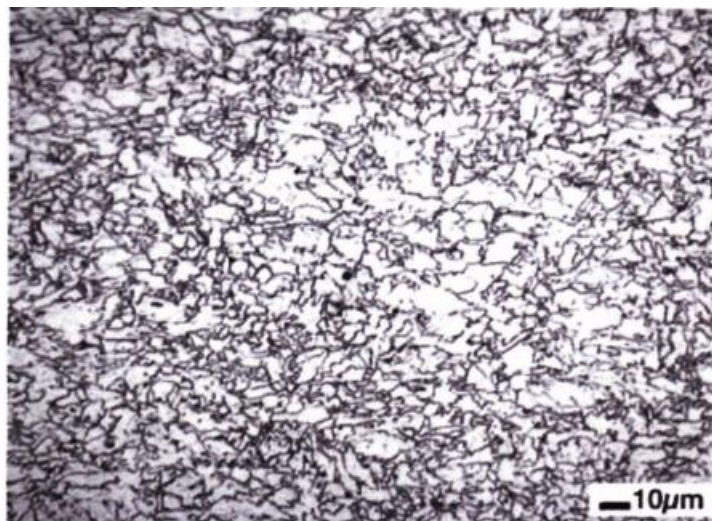
Перлит дәндері бұл жағдайда олар кернеу концентраторлары болып табылады және болаттың бұзылуына ықпал етеді. Бойынша зерттеу нәтижелері перлит түйірлері санының өсуі мүмкін.

беріктігі 30-40 Н/мм, бұл жағдайда T₅₀-ның тұтқырлығының температурасы көтеріледі 40 °C. Болат құрылымындағы Бейн беріктігін едәуір арттырады, бірақ теріс әсер етеді. Қамтамасыз ету үшін қажетті құрылымдық қалыңдығы 25 мм-ден асатын және суыққа төзімділігі жоғары прокаттағы X70 болатының сипаттамалары көпбұрышты ферриттің матрицасы және екінші фаза ретінде ине ферриті T₅₀ санатындағы болаттар арасындағы қатынас көрсетілген беріктік X70-X80 [83]. Ине феррит-феррит микроқұрылымы бар болаттар ең жақсы кірістілік шегі мен T₅₀ комбинациясы және санатқа сәйкес келетін беріктік қасиеттері беріктігі X80.

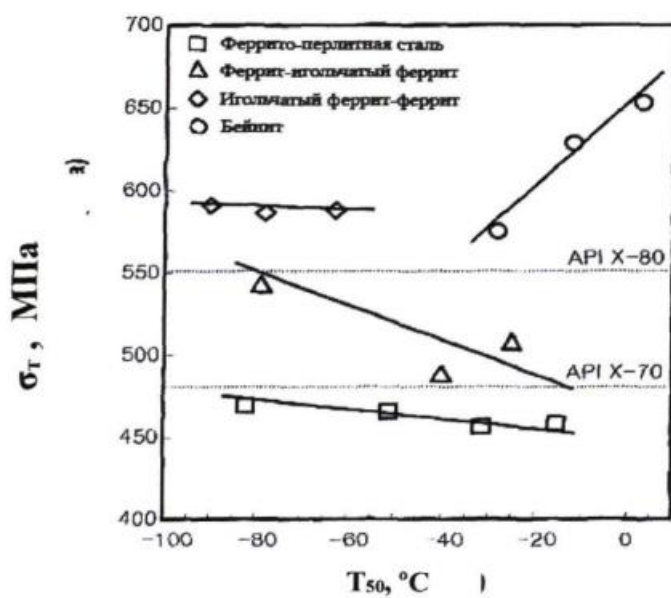
Оңтайлы беріктік комбинациясына қол жеткізіңіз және ферритті болаттарда Г50 матрица қиын, өйткені күш пен соққыны арттырудың ең тиімді әдісі тұтқырлық-астықты ұсақтау, бірақ бұл қарым-қатынастың жоғарылауына әкеледі

Негізі бар болат бейнит немесе ине ферритінің артықшылығы бар - кірістіліктің жоғары шегі, ферритті матрицамен не болды. Мәселе жеткіліксіз бейнит немесе инелі феррит негізі бар болаттардың төмен температуралы соққы тұтқырлығы екінші фаза ретінде көпбұрышты ферриттің пайда болуымен шешілуі мүмкін астықтың тиімді мөлшерін азайтады. Сондықтан, сыныпты парақты прокат өндірісінде кезінде соққы тұтқырлығы бойынша

неғұрлым қатаң талаптармен K60(X70) беріктігінің жылдам салқындатуды қолдану міндетті болып табылады.



2.5 Сурет – X70/X80 Болаттың микроқұрылымы), Ф+ИФ



2.6 Сурет – Әр түрлі болаттардың кірістілік шегі мен T_{50} қатынасы
Қажетті кешенді қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін прокат

микроқұрылымының параметрлері КП+УО, КП технология шарттары үшін К60, Х70, Х80 беріктік санаты табағының қасиеттері, кестеде көрсетілген .

2.1 Кесте – К60, Х70, Х80 беріктік санатындағы парақтың микроқұрылымының параметрлері

Беріктік категориясы	Болат типі	Өндіріс режимі	Тән құрылымдық компоненттер	2-ші фазы бөлігі, %
К60/ Х70	10Г2ФБ	КП	феррит+перлит	20-көп емес
К60/ Х70 (суыққа төзімді)	08ГФБ(НХ)	КП+У О	феррит+инне ферриті	10-20
Х70 (қабырға енімен>30 мм)	05Г2МБ(НХД)	КП+У О	квазиполигональды феррит + перлит	15-20
Х70 (суыққа төзімді)	08ГБ(НД) 06ГБ(НД)	КП+У О «жұмсақ» КП+У О	феррит+бейнит инне ферриті +феррит	30-көп емес 30-40

К60 (күкіртсут егіге төзімді)	У 06ГБФ-	О КП+У	ине ферриті +феррит+перлит	- 20 (П)
Х70 (күкіртсут егіге төзімді)	У 06ГБФ-	О КП+У	ине ферриті +феррит	2 0-30
Х80	Ф 05Г2МБ	О КП+У (интен сивті)	ине ферриті +бейнит	~ 20 1 0-15
Х80	ДБФ 07Г2МН	О+О КП+У (интенсивті)	бейнит+мартенси т\аустенит	≤ 10

2.7 суретте жолақты илектеу кезінде деформация және кеңею ошағының схемалары келтірілген тегіс көлденең орналасқан роликтер.

Жолақтың деформациясы абсолютті шамалармен сипатталады: $\Delta h_a = h_0 - h_1$; $\Delta b_a = b_1 - b_0$; $\Delta l = l_1 - l_0$ немесе салыстырмалы шамалар:

$$\varepsilon = \left[\frac{h_0 - h_1}{h_0} \right] 100\%; \varepsilon' = \left[\frac{h_0 - h_1}{h_0} \right] 100\%; \varepsilon = \ln(h_0/h_1); \left[\frac{b_1 - b_0}{b_1} \right] 100\% ;$$

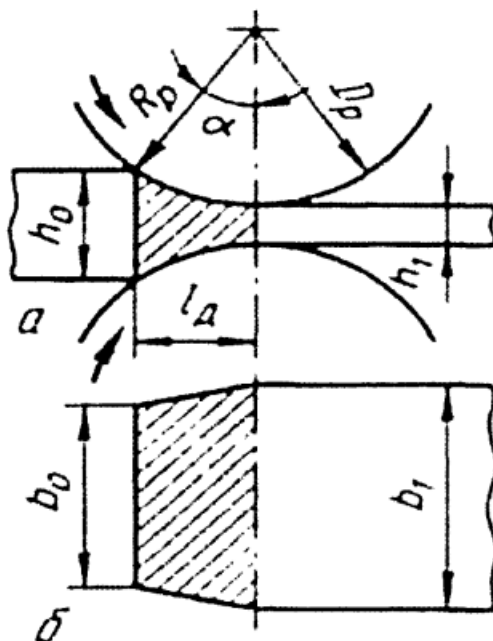
сонымен қатар $\left(\frac{h_0}{h_1} \right)$, кеңейтілген $\left(\frac{b_1}{b_0} \right)$; және сорғыштар (l_1/l_0) .

Шамалардың геометриялық қатынастарынан келесі тәуелділіктер алынады:

$\Delta h_a = Dp(1 - \cos\alpha)$; $\cos\alpha = 1 - \Delta h_a/Dp$; $\alpha = \sqrt{(\Delta h_a/Rp)}$, рад ($\alpha \leq 15^\circ$ кезінде);

$\alpha = (180/\pi)\sqrt{(\Delta ha/Rp)}$, град; $l_d = Rp \sin \alpha$; $l_d = \sqrt{(Rp \Delta ha)}$
 орамдардың әр түрлі радиустарында $l_d = \sqrt{[(2R_1 R_2)(R_1 + R_2)]}$.

Металл көлемінің тұрақтылық шарты $h_0 b_0 l_0 = h_1 b_1 l_1$. Осы Шарттан туындайды $\frac{l_1}{l_0} = (h_0 b_0)/(h_1 b_1)$



2.7 Сурет – Жолақтарды тегіс етіп илектеу кезінде деформация схемасы

Жолақтарды тегіс етіп илектеу кезінде деформация (А) және кеңею (Б) ошағының схемасы орама

Жалпы жағдайда илектеу күші $P = F_{cp}$ теңдеуімен анықталады.

Сондықтан, илектеу күшін есептеу үшін орташа нақты білу қажет қалыпты кернеу және металдың орамдармен жанасу аймағы F .

Өз кезегінде $P_{cp} = \sigma n \sigma$, (1.17), байланыс ауданы $F = b_{cp} l_d$ ретінде анықтайды.

Жиі қабылдайды $b_{cp} = (b_0 + b_1)/2$ немесе $b_{cp} = b_0 + 2(b_1 + b_0)/3$ өрнегі жуықтау кезінде .

Сондықтан илектеу күшін есептеу үшін қарсылықты білу қажет деформациялар, кернеу коэффициенті және байланыс аймағы.

Надайдың айтуы бойынша деформацияға төзімділік теңдеумен сипатталады :

$$d\sigma = \frac{6\sigma t}{6t}dt + \frac{6\sigma t}{6\varepsilon}d\varepsilon + \frac{6\sigma t}{6t}dt + \frac{6\sigma t}{6u}du \quad (3)$$

Жазу кезінде теңдеудің мүшелері (1.19) қарсылыққа әсерін ескереді температураның өзгеруі, тойтару, уақыт бойынша беріктендіру, кернеудің өзгеруі металдың тұтқырлығын ескере отырып, деформация жылдамдығына байланысты.

Осы уақытқа дейін теңдеуді шешуге қажетті заңдылықтар (3), жеткіліксіз зерттелген. Сондықтан іс жүзінде а анықтау үшін қолданылады прокаттау шарттарының нақты дискретті анықтамалары түріндегі эксперименттік деректер және тәжірибелік деректерді жақындататын болат немесе тәуелділік маркалары.

Металл деформациясының кедергісі туралы айтатын болсақ, суық пен ыстық прокат. Металдарды қысыммен өңдеудің классикалық теориясына сәйкес айырмашылық суық және ыстық деформацияның арасында бірінші жағдайда қайта кристалдану пайда болмайды және деформацияның едәуір катаюы пайда болады екінші жағдайда деформация кристалдану температурасынан жоғары температурада жүреді және металдың катаюы байқалмайды. Алайда, қазіргі уақытта мұндай бөлу жеткіліксіз дәл. Қайта кристаллизация уақыт өте келе жүреді және ыстық Илемдеудің жоғары жылдамдығымен жүреді үлгермейді жүруі толығымен. Бұл құбылыс ең көп көрінеді кең жолақты орнақтардың соңғы клеттерінде орын алатын жоғары жылдамдықты илемдеу ыстық прокат.

Металдар мен қорытпалардың нақты сипаттамасы ретінде қарсылық қабылдануы мүмкін эксперименталды түрде анықталған сызықтық кернеулі күйдегі деформациялар термомеханикалық параметрлер кезінде үлгілерді созуға немесе сығуға сынаумен, нақты қысыммен өңдеу процестеріне сәйкес келеді .

Болаттар мен қорытпалардың деформация кедергісін анықтау бойынша зерттеулер арнайы машиналарды қолдану. Мұндай машиналардың толық сипаттамасы . Ең көп таралған-эртүрлі типтегі пластомерлер. Оларға сынақтар кезінде уақыт өте келе деформация Заңын көбейтуге, деформация дәрежесі мен жылдамдығын өзгертуге болады осы параметрлердің зерттелетін интервалында жоғары температуралар кезінде сынақтар жүргізу, тензометриялық аппаратураның көмегімен уақыт функциясындағы деформация күшін өзгерту, өлшеу құрылғысын тікелей пластометрде тарифтеу (градуирлеу), үлгілерді созу және қысу. Жұмыста ұсыну әдістеріне талдау жасалды деформациялар.

Илектену күші формуласы бойынша анықталады :

$$P = Pch b_{cp} l_d \quad (4)$$

мұндағы: P -прокаттау күші (Мн);

P_{cp} - орташа түйіспелі қалыпты қысым (МПа);

b_{cp} - деформация ошағындағы парақтың орташа ені (мм);

l_d -доғаның ұзындығы (мм).

Ыстық табақты илектену кезінде ұстау доғасының ұзындығын орамдардың қысылуын ескерусіз анықтайды.

$$l_d = \sqrt{R\Delta h a} \quad (5)$$

мұндағы: R -жұмыс білігінің радиусы (мм);

A/zo-көлденең біліктерде абсолютті қысу (мм).

Деформацияға төзімділікті кең көлемде зерттеу НИИМ-де (Челябинск) жүргізілді.

Деформацияның шынайы кедергісін анықтау үшін тәуелділік ұсынылады:

$$\sigma = S \sigma_{\text{од}} u a (10\epsilon)^b (t/1000)^c \quad (6)$$

мұндағы: S, a, b, c -Болаттың әр маркасы үшін анықталған тұрақты сандар.

Тәуелділіктердің әрекет ету диапазоны (1.23-1.26) және $\vartheta = 0.01-150$ с құрайды с^{-1} ; $\epsilon = 0,05-3$; $t = 600-1300$ °С. Бұл жағдайда, әдістеме авторлары көрсеткендей, мүмкін анықтау қатесі тәуелділік бойынша Деформация кедергісінің орташа мәндері (1.24-1.26) ретінде бағаланады $\pm 4\%$ сенімділік ықтималдығы 0,95.

Деформация жылдамдығы және формула бойынша анықталады :

$$u = \frac{v_1 \Delta h a}{l_d h_0} \quad (7)$$

мұндағы: v_1 - парақтың клеттен шығу жылдамдығы (м\с).

А. И. Целикова бойынша қалыптасқан процесс кезінде үйкеліс коэффициентін анықтау үшін Н. Н. геттің эксперименттік деректерін жақындату арқылы тәуелділік пайда болды (1.28), $t > 600$ °С кезінде шойын шыңдалған орамдарда илектеу шарттары үшін жарамды болып табылады.

$$\mu = 0,55 - 0,00024t \quad (8)$$

Табылған μ , a , l_d мәндері бойынша теңдеулерді шешеді (9-13) және тәуелділік бойынша табады (1.34) P_{cp} :

$$\delta = \mu \frac{2l_d}{\Delta h a} \quad , \quad (9)$$

$$2\tau c = 1,15\delta \quad , \quad (10)$$

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{\delta_0}{2\tau c} \quad , \quad (11)$$

$$\varepsilon_1 = 1 - \frac{\delta_1}{2\tau c} \quad , \quad (12)$$

$$hN = 2\delta \sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_1}} h_0 (\delta - 1) h_1 (\delta + 1) \quad , \quad (13)$$

Байланыс доғасынан басқа байланыс аймағын анықтау үшін енін білу керек аймақтың контакт b_{cp} -парақты илектеу кезінде b_{cp} формула бойынша есептеледі (1.35):

$$b_{cp} = b_0 + \Delta b / 2 \quad , \quad (14)$$

мұндағы, b_0 -прокатқа дейін парактың Ені (мм).

Жұмыс ұсыныстарына сәйкес [92] кеңейту мәні келесілер бойынша есептеледі тәуелділік:

$$\Delta b = 0,54 C b (l_d - \frac{\Delta h a}{2\mu} l * \frac{h_0}{h_1}) \quad , \quad (15)$$

онда, C_b -еннің әсерін ескеретін (16) теңдеу бойынша анықталатын коэффициент;

$$Cb = 4(1 - \varepsilon) \left(\frac{b_0}{l_d} - 0,15 \right) * e^{1,5(0,15 - \frac{b_0}{l_d})} , \quad (16)$$

Металдың қажетті деформациясын қамтамасыз ету үшін қажетті қозғалтқыш білігіндегі Момент, в жалпы жағдайда (17):

$$M_{дв} = M_{пр} + M_p + M_{х.х} + M_{дин} , \quad (17)$$

онда,

$$M_{пр} = 2P\psi l_d , \quad (18)$$

онда,

$$\psi = 0,68 + 0,018\varepsilon - 0,31l_d/h_{ср} , \quad (19)$$

В. М. Луговскийдің әдістемесі бойынша жұмысында қосымша күштер моментін құрайтын негізгі мән көрсетілген роликтердің мойынтіректеріндегі үйкеліс және екі илемдеу роликтері үшін осы сәттің мәні:

$$M_{тр} = Pd\mu , \quad (20)$$

мұндағы, d-цапф диаметрі (мм).

Қозғалтқыштардың білігіне келтірілген әдеттегі үйкеліс моменті болады:

$$M_{тр} = M_{тр}/\eta_i + (1/\eta - 1)M_{пр}/I , \quad (21)$$

Бос сәт-үзіліс кезінде негізгі сызықты жүргізу үшін қажет сәт және цапф d диаметрімен әрбір бөлшектің айналуы үшін талап етілетін сәттердің

қосындысына тең, в [92] жұмысын (1.43) формула бойынша есептеу ұсынылады:

$$M_{x.x} = \Sigma G \mu d / 2i , \quad (22)$$

мұндағы G - бөліктің массасы;

μ - үйкеліс коэффициенті;

i - қозғалтқыш пен қарастырылып отырған бөлік арасындағы беріліс коэффициенті.

Динамикалық момент біркелкі емес айналумен жұмыс істейтін станцияларда пайда болады роллдар (реверсивті диірмендер). Динамикалық момент өрнектен анықталады :

$$M_{\text{дин}} = GD^2_{\text{пр}} dn/dt , \quad (23)$$

мұндағы: $GD^2_{\text{пр}}$ - берілген ұшу моменті

$$GD^2_{\text{пр}} = GD^2_{\text{дв}} + \frac{GD^2_{12}}{\eta_{1i1}} + \dots + GD^2_{n2} / \eta_{in} , \quad (24)$$

$i1 \dots in$ - жұмыс желісінің жекелеген механизмдерінің беріліс коэффициенттері;

$\eta_1 \dots \eta_n$ - тиісті тетіктердің к.;

dn/dt — бұрыштық үдеу.

Қуат пен момент арақатынаспен байланысты:

$$N_{\text{дв}} = A M_{\text{дв}} n_{\text{дв}} / \eta_{\text{дв}} , \quad (25)$$

Үлкен диаметрлі құбырларға арналған прокатқа қойылатын талаптар қарастырылған беріктігі К60. Жоғары беріктікті біріктіру қажеттілігі атап өтілді ($\sigma_b > 590 \text{ Н/мм}^2$) және аққыштық ($\sigma_{\text{стт}} > 500 \text{ Н/мм}^2$) жақсы тұтқырлықпен ($KCV_{\sim 20} > 98 \text{ Дж/см}^2$), икемділік ($\delta_s > 22\%$), хладостойкостью ($\alpha_{\text{нт-20}} > 90\%$) және дәнекерлеу ($\sigma_e < 0,43$). Мұндай жоғары кешен төмен перлитті кремниймарганцты болаттар үшін қасиеттерге қол жеткізуге болады, құрамында 10Г2фб типті ниобий (0,06% - ға дейін) және ванадий (0,12% - ға дейін) бар микролегияланған күкірт н. б. 0,006%. Мұндай болаттардың типтік микроқұрылымы феррит-перлит (перлит 15%). Мұндай болат өндірісінің дәстүрлі технологиясы төмен температура болып табылады бақыланатын илектеу. Микролегирленген болатты нығайтудың негізгі механизмдері бақыланатын илектеу астық шетелдік беріктендіру (42%), дисперсиялық болып табылады беріктендіру (25%) және қаттылықты нығайту (20%). Мұндай Болаттың кемшіліктері әрдайым бола бермейтін микроқұрылымның жолағын қамтиды ферритті-перлитті болаттан жасалған құбырлардың қажетті сенімділігін қамтамасыз етеді. К60 беріктік класындағы болаттарды дамытудың қазіргі заманғы тұжырымдамасы деформацияның үзілуін қамтитын неғұрлым прогрессивті технологиялық өнімділік агз нүктесінен жоғары және одан кейін $\sim 550 \text{ }^\circ\text{C}$ температураға дейін жеделдетілген салқындату. жағдайда Болаттың микроқұрылымы феррит-бейинитке айналады және жолақ жоғалады.

Прогрессивті-бұл неғұрлым үнемді допинг, мысалы, марганец көмір тегінің мөлшерін азайту, микролегирлеу және жеделдетілген салқындатуды қолдану, бұл дәнекерлеуді жақсартады және соққы тұтқырлығы мен икемділігін арттырады.

Қазіргі заманғы құбыр болаттарының қасиеттер кешенін алу мыналарды қамтиды үшін жабдықтар өндіру саласындағы жаңа жетістіктерді кәсіпорындар. Біріншіден, мұндай қондырғылардың болуы міндетті:

— вакууматор;

- су-ауа салқындатумен жабдықталған үздіксіз құю машинасы, жұмсақ сығу және басқа да заманауи құрылғылар;
- жылдам салқындату қондырғысы.

Осы болаттардың құрамын әзірлеу кезінде оларды игеру мен қолданудың әртүрлі кезеңдерінде мыналар болды микролегирлеудің әртүрлі схемалары қолданылды: ниобий мен ванадийдің бірлескен қоспалары (07Г2Фб), ниобиймен, ванадиймен және титанмен кешенді легирлеу азотты байланыстыру және Астықты ұнтақтау (09Г2Фб, 10Г2ФБ, 10Г2Фб-У), карбонитридті ванадиймен және азотпен (08Г2фю), азотпен арнайы қоспалаусыз ванадиймен нығайту (10Г2ф), титан 0,035% дейін. Химиялық құрамы мен механикалық мұндай болаттардың қасиеттері 1 және 2 кестелерде келтірілген .

2.2 Кесте – Төмен перлитті құбыр болатының химиялық құрамының мысалдары

Б олат	C, %	Mn, %	Si, %	S, %	P, %	V, %	Nb, %	Ti, %	Al, %
07Г2ФБ	,10	,70	,35	,015	,02	,08	,05		,06
09Г2ФБ	,11	,70	,30	,006	,02	,08	,04		,05
10Г2Ф	,13	,75	,35	,006	,02	,012	,04	,035	,05
10Г2ФБ	,12	,75	,35	,006	,02	,012	,04	,035	,05
10Г2Фб-У	,12	,35	,004	,02	,012	,04	,035	,05	,010

2.3 Кесте – Төмен перлитті құбырлы болаттан жасалған прокаттың механикалық қасиеттерінің мысалдары

Болат	σ_T , Н/мм ²	σ_B , Н/мм	δ ₅ , %	КС V^{-15} , Дж/см	КС U, Дж/см ²	В DWTТ ⁻¹⁵ , %
07Г2Ф	39	54	2	78	59/-	-
Б	2	9	2			
09Г2Ф	45	54	2	88	-/59	8
Б	1	9	2			5
10Г2Ф	45	54	2	88	-/59	8
	1	9	2			5
10Г2Ф	46	58	2	88	-/64	8
Б	0	8	2			5
10Г2Ф	46	58	2	127	-/64	8
Б-У	0	8	2			0

К 60 класты болаттың жоғары беріктігі мен жақсартылған соққы тұтқырлығы бақыланатын илектеу режимін оңтайландыру және С/Мп арақатынасын төмендету нәтижесінде қол жеткізіледі. Ванадий қоспалары ванадий карбонитридтерінің бөлінуіне байланысты ферриттің дисперсиялық қатаюы арқылы беріктіктің жоғарылауын қамтамасыз етеді.

2.2 Құбыр болаттарының дәнекерленуі

Көптеген заманауи болаттарда электрмен дәнекерленген құбырларды өндіруде аймақ тұтқырлықтың ең кіші мәндері тігістің шекарасына тікелей жақын орналасқан және көрсетілгендей , оның төмен мәндері негізінен

байқалады (Болатта басқалар болмаған кезде 0,09% - дан астам көміртегі болған кезде. Зиянды қоспаларды бөлу қатаю процесінде перитектикалық реакция кезінде пайда болатын микроқұрылым көміртегі мөлшері 0,09% - дан жоғары, жергілікті сынғыш аймақтарды құрайды. Атап өтілгендей, мұндай жеке аймақтар легирлеуші элементтермен байытылған, бұл өсуге әкеледі қыздырылатын™ Болат. Жарықтың критикалық ашылу шамасының төмен мәндері жоғары сегрегация аймақтарымен байланысты. Осылайша, жергілікті химиялық бұл аймақтардың құрамы тұтқырлықтың төмен мәндеріне жауап береді. Гомогенді алу үшін күйлер сұйық болаттың кристалдануының тар аралығын және одан жоғары болуын қажет етеді көміртегі бар болаттарда байқалатын элементтердің диффузиялық қозғалғыштығы 0,09%-дан аз, мұнда кристалдану 5-феррит арқылы жүзеге асырылады. Дәнекерлеу шарттары мен легирленген элементтердің мазмұнын теңгерімді таңдау сізге термиялық әсер ету аймағында қамтамасыз ететін оңтайлы микроқұрылымды алыңыз жоғары тұтқырлық, атап айтқанда төмен көміртекті ине ферритінің құрылымы. Қалай керек жұмысында келтірілген мәліметтерден химиялық заттармен анықталатын конверсия температурасы

Болаттың құрамы микроқұрылымды қалыптастыру процестерін басқарады. Төмен 500 °C-тан жоғары температурада айналу нәтижесінде қоспалаушы элементтердің қарастырылып отырған Болат үлгілерінің микроқұрылымында жоғарғы бейниттің учаскелері байқалады, бұл тұтқырлықтың күрт төмендеуіне әкеледі. Төменгі легирленген болаттарда айналдыру температурасы 400-ден 480 °C-қа дейін, жоғарғы БИН толығымен ауыстырылды төменгі инелі бейнитпен және өздігінен басылатын мартенситпен тұтқырлықты арттыруға ықпал етіңіз. Артық допинг жағдайында өте байқалады трансформация температурасының төмен мәні, нәтижесіндешығарылмаған учаскелер пайда болады Болаттың тұтқырлығын төмендететін мартенсит. Допинг элементтерінің оңтайлы мазмұны әдетте тұтқырлығы жақсы төмен көміртекті болаттарда жоғары .

Металл емес қосындылардың төмен көлемдік үлесінен басқа және қамтамасыз ету үшін зиянды жергілікті сынғыш аймақтары жоқ микроқұрылымдар жоғары тұтқырлық мәндері жақсы аралық біріктіруді қажет етеді. Шекараларды күшейту дәндер интеркристаллитті сынудың пайда болуына ықпал етуі мүмкін. Бұл түр бұзылу көбінесе болаттағы фосфордың құрамымен байланысты. Фосфор үрдісі бар астық шекараларына бөлу, бұл жылу қолданылған кезде өте қауіпті процесс барысында пайда болған ішкі кернеулерді азайту үшін дәнекерлеуді өңдеу дәнекерленген құрылымды дайындау. Фосфордың критикалық құрамы 0,013% бұл қазіргі болаттардағы оның мазмұнының төменгі деңгейіне сәйкес келеді.

Көптеген жоғары беріктігі төмен легіріленген болаттарда ең төменгі деңгей бар тұтқырлық дәнекерлеу шекарасының жанындағы дәнекерлеудің термиялық әсер ету аймағында байқалады, әлсіз ашылмаған мартенсит аралдарының қолайсыз қалыптасуы мүмкін қыздырылған кезде ванадийдің көп мөлшері бар микролегіріленген болаттарда пайда болады бұл межкритическую облысы. Екі фазалы α — γ -аймағының температура диапазонында бұл элемент ол әдетте қатты ерітіндіде болады, бұл кальцийленудің жоғарылауына ықпал етеді аустенит және мартенсит салқындаған кезде пайда болады. Жұмыстың авторлары талаптардың қажетті деңгейін қамтамасыз ету үшін қазіргі заманғы құрылымдық болаттардың қауіпсіздігі мен беріктігі төмен болуы керек көміртегі мөлшері, металл емес қоспалардың аз мөлшері және ұсақ дәні бар. Мұндай болаттар сонымен қатар дәнекерлеудің жақсартылған сипаттамаларына ие, бұл стратификацияны жою. Өндіріске арналған заманауи болаттарды қолдану экономикалық әсер алуға болады, өйткені олар мыналарды қамтамасыз етеді дәнекерлеуді жарықсыз, тіпті алдын ала қыздырусыз да алу мүмкіндігі.

Ниобийдің дәнекерлеуге әсері тұрғысынан оның маңызды факторы айналу температурасын төмендету және инелердің санын көбейту мүмкіндігі егер ол аустениттің қатты ерітіндісінде болса, ыдырау өнімдері.

Еңбектерінде көрсетілгендей, дәнекерленген металл (ОШЗ) жоғары хладостойкость құбырларды қосу дәнекерлеу кезінде келесі технологиялық әдістерді біріктіру арқылы алынады: - дәнекерлеуден кейін жылдам салқындатуды қолдану, бұл оңтайлы жағдай жасайды көпбұрышты феррит және мартенсит түзусіз ОШЗ металындағы аустениттің түрленуі; - фазаға ұқсас әсер ететін 35 кДж/см-ге дейін дәнекерлеу кезінде жылу енгізуді азайту айналу. Микролегативті элементтер – мысалы, ниобий-аустениттің тұрақтылығын арттырады, ОШЗ металында және қолданыстағы технология жағдайында ферритті түрлендірулерді тежеу зауыттық құбырларды дәнекерлеу перлит-БИН құрылымына өтуге ықпал етеді. Титан (TiN) 0,030% дейінгі мөлшерде де қажет, өйткені ол аймақтың қасиеттеріне оң әсер етеді термикалық ықпал ету.

Қазіргі уақытта беріктігі жоғары болаттан жасалған табақ прокатын өндіру технологиясы со-ны прокаттағаннан кейін тікелей жеделдетіп салқындатуды пайдалануға бағдарланады болуын немесе шектеулі болуын қамтамасыз ететін салқындату жылдамдықтарымен көпбұрышты феррит.

Бұл технология (келесі демалысты қолдана отырып немесе онсыз) сізге сенімді өндірісте қажет болаттардың жоғары механикалық қасиеттерінің кешені жоғары қысымда жұмыс істейтін дәнекерленген құбырлар. Беріктік көрсеткіштерінің артуы және мұндай болаттардың соққы тұтқырлығына көміртектің массалық үлесін мүмкіндігінше азайту арқылы қол жеткізіледі төмен мәндер мен марганецті қолдану микролегирлейтін элементтермен үйлеседі ниобий, ванадий және Бор, аустениттің тұрақтылығын тиімді арттырады. Үшін авторлар допинг элементтерінің мазмұнын рұқсат етілген өзгерту аралықтарын анықтайды олардың Дәнекерлеуге және негізгі қасиеттерін қалыптастыруға әсерін зерттеді әр түрлі илектеу және термиялық өңдеу схемаларын қолдана отырып жасалған металл. Кезінде бұл көміртектің массалық үлесін 0,05 – тен 0,20% - ға дейін, марганецті 0,5-тен 2,0% - ға дейін және ниобийді өзгертті — 0-ден 0,10% - ға дейін. Біз екі допинг схемасын

қарастырдық: борсыз және бордың массалық үлесі 0,002%. Барлық балқытудағы ванадий мөлшері тұрақты болды (0,08%). Дәнекерлеуді зерттеу нәтижелері химиялық өзгерістің өзгеру диапазонын көрсетеді

Болаттың құрамы, көміртегі мен марганецтің қатынасы, оның тұтқырлығы әсер етеді металл ОШЗ негізгі металдың соққы тұтқырлығына тең болады, ол өте жақсы тар шектерде. Дәнекерленген құбырларға арналған Болаттың құрамын таңдағанда ағынның астында автоматты дәнекерлеу арқылы массалық үлестің азаюын ескеру қажет пайыздың әрбір жүзден бір бөлігіне 0,13% - дан (1,30% Мп-дан) көміртегі өтелуі керек марганецтің массалық үлесін 0,20% - ға арттыру. Сонымен, Болатта 0,05% көміртегі бар марганецтің құрамы 2,0% Мп, өте төмен көміртекті (0,02-0,03% С) — 2,40% Мп. Жоғарыда келтірілген қатынастар Болаттың бор бар композицияларына жатады. Ағын қабаты астында дәнекерлеуден кейін 20 °С жылдамдықпен жеделдетілген салқындату ОШЗ металының соққы тұтқырлығы деңгейін төмендету қажетті массалық үлесін азайту болаттағы марганец, мысалы, 0,05% көміртегі үшін 1,8% марганец қажет болады. Дәнекерлеуден кейін салқындату жылдамдығы 90 °С/с дейін жоғарылағанда, тамырға тән және салқындату жылдамдығы 20 °С/с болған кезде газ құбырларын монтаждау шарттары, марганецтің массалық үлесін азайту мүмкіндігі металл қасиеттерінің айтарлықтай нашарлауы сақталады.

Айнымалы кезінде аустениттің ОШЗ-ға айналу кинетикасын дилатометриялық талдау бордың қатысуымен және онсыз көміртегі, марганец және ниобий мөлшері келесідей анықталды ережелер:

- марганец сыни беріктендіру жылдамдығын төмендетеді және аустениттің тұрақтылығын арттырады, оның әсер көміртектің әсер ету сипатына ұқсас;

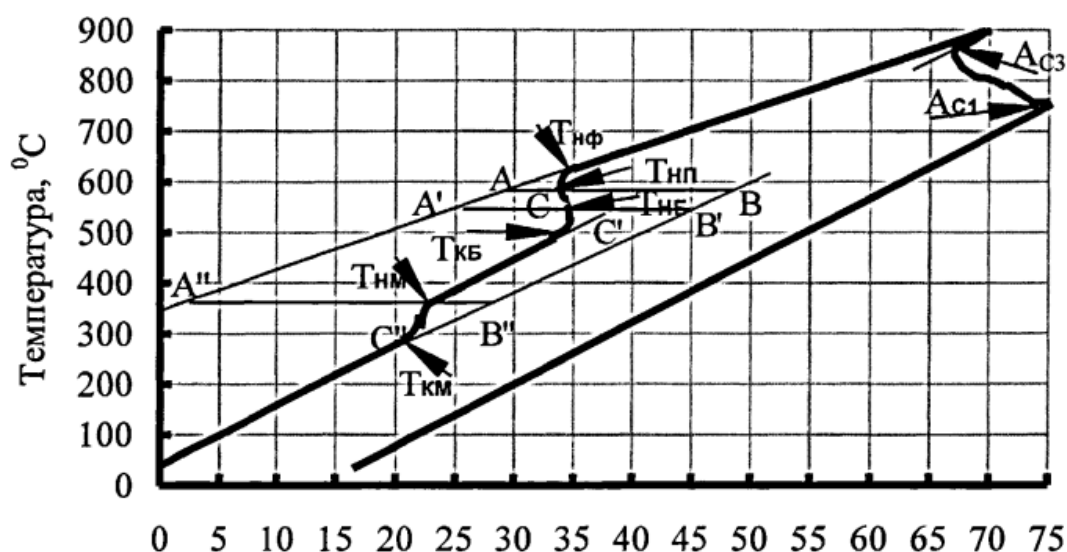
- ниобий аустениттің тұрақтылығын арттырады және түйіршіктің пайда болуына ықпал етеді бейнита төмен салқындату жылдамдығының аралығында (атапайтқанда, ағынды дәнекерлеу кезінде).

2.3 Дәнекерлеуді зерттеу

Болатты дәнекерлеу кезінде пайда болатын құрылымдық өзгерістерді зерттеу кезінде жылу температурасынан аустениттің термиялық ыдырау диаграммаларын қолданды 1300°C . Термокинетикалық қисықтарды жазу үшін (2.2-сурет) дилатометр қолданылды, жұқа қабырғалы үлгіні индукциялық қыздыруды қамтамасыз етеді. Дилатацию ... жерінде қол жеткізуге лкд—4 типті екі координатты өздігінен жазатын құралда, ал қыздыру мен салқындатудың термиялық циклі жылдамдығы $0,1^{\circ}\text{C}$, температурасы бар KSP-4 электронды жазу құрылғысы қалыңдығы $0,15\text{ мм}$ хром-алюминий термопарасымен бекітілген. Индукциялық сенсорды қолдана отырып, дилатометриялық қондырғы және екі координаталық жазғыштың сезімталдығын тиісті түрде таңдау фазалық өзгерістерден үлгі көлемінің тіркелген өзгерістерінің ұлғаюы 2700 рет қайта құру. Осындай сезімталдық деңгейінде дилатометрді анықтауға болады нақты фазаның 2-5% болған кезде түрлендірулердің температуралық және көлемдік әсері аустениттің түрлену өнімдерінің жалпы саны.

Цирконий құрсауын қолдана отырып салқындату немесе мәжбүрлеп салқындату инертті газдармен (гелий және аргон) үрлеу арқылы үлгілерді

$0,5\text{--}350^{\circ}\text{C/C}$ аралықтағы салқындату жылдамдығының өзгеруі. Өзгерістер басталған термокинетикалық қисықтың нүктесін алды сәйкес келетін үлгі көлемінің өзгеруінің тік сызықты сипатынан ауытқу болатқа фазалық өзгерістердің болмауы (2.2-сурет). Түсіндіру сенімділігі үшін қисықтар қосымша микроқұрылымды металлографиялық талдауды және өлшеуді қолданды Виккерстің қаттылығы. Қисықтарды декодтау кезінде ережеге негізделген әдіс қолданылды фазалардың санын пайызбен анықтауға мүмкіндік беретін тетік. Санын бағалау үшін өзгерудің басталу нүктелеріндегі термокинетикалық қисық сызықтағы құрылымдық ферритті) "деформация" координатасына параллель АВ осьтік сызықтары жүргізіледі.



2.8 Сурет – Дилатометриялық қисық сызық

Фазалық түрлендіру диаграммаларын құру кезінде жылдамдық мәні қолданылды 800 температуралық интервалда анықталған тігіс маңы аймағының металын суыту Диффузиялық аймақта аустениттің ең аз тұрақтылығын сипаттайтын 700 °C үздіксіз салқындаған кезде феррит түрлендірулері.

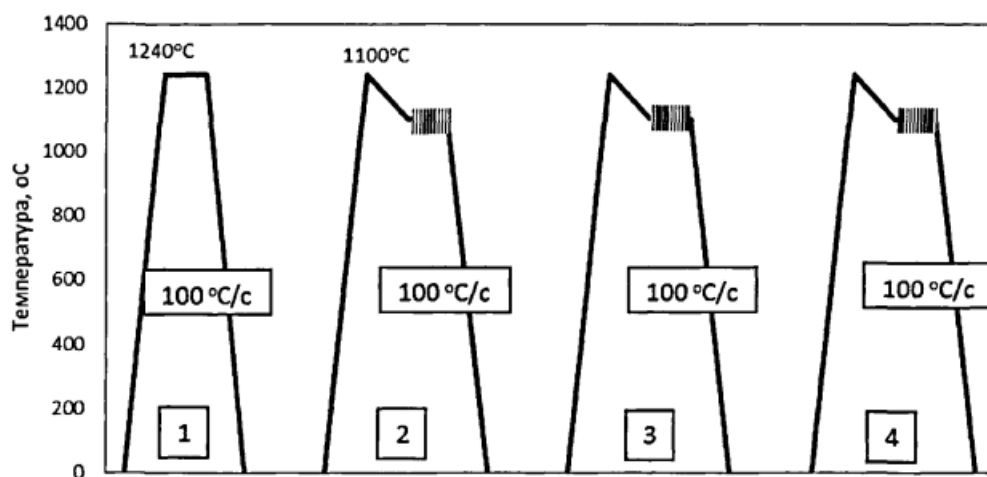
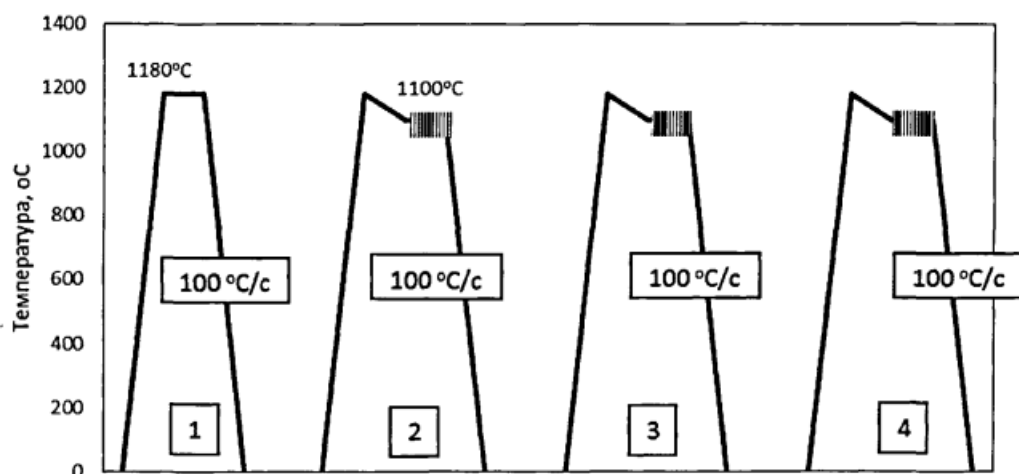
Өнеркәсіптік балқымаларды прокаттау "Уральская сталь" ААҚ 2800 орнағында жүргізілді: дейін төменгі температуралы режим бойынша бақыланатын прокаттауды аяқтай отырып қайта жаңарту в (у+а) - Облыстың деформациясы; 2800 орнақты қайта жаңартқаннан кейін-режимдер бойыншажылдам салқындату қондырғысын қолдана отырып термомеханикалық өндеу. Прокатку зертханалық жағдайда ДУО 300 лагерінде бойлық схема бойынша, әдетте, жылдам салқындату.

2.4 Кесте – К60 беріктік класындағы зерттелген болаттардың химиялық құрамы

п/п	Агр егат деф ормациял ар	,%	п, %	и, %	, %	, %	л, %	и, %	б, %
		,08- 0,12	,52- 1,67	,41- 0,50	,004	,008- 0,012	,030- 0,038	,012- 0,019	,04- 0,05
		,08- 0,09	,45- 1,55	,46- 0,50	,005	,005	,02- 0,04	,01- 0,02	,04- 0,05
		,062	,55	,36	,002	,009	,03	,020	,061
		,095	,49	,53	,002	,011	,03	,021	,061
		,063	,60	,34	,002	,010	,035	,022	,069
		,08- 0,10	,55- 1,65	25- 0,35	,002	,010	,02- 0,05	,015- 0,030	,05- 0,06

2.4 Металлтану тұжырымдамасын әзірлеу 2800 станға

Жұмыстар бағдарламасына сәйкес ЭСПЦ-те балқытылып, №2 МНЛЗ-ға құйылды химиялық құрамы суретте көрсетілген К60 беріктік класының алтыбалқымасы



2.9 Сурет – Қыздыру температурасының әсерін зерттеу экспериментінің схемасы

ДУО клеттерінде прокаттау кезінде жеке сығымдауды арттыру, басқаларытең бір уақытта беріктік пен пластикалық қасиеттерді арттыруға мүмкіндікбереді (4-кесте) -аққыштық шегі 20 Н / мм², уақытша кедергі 24 Н/мм² және салыстырмалы 2% ұзарту (абсолютті).

2.5 Кесте – К60 беріктік класындағы табақ прокатының механикалық қасиеттері ДУО клеттеріндегі әртүрлі күйдіру режимдерінде

Клеттегі қысу нұсқасы ДУО	Механикалық қасиеттері, орташа мәні		
	Аққыштық шегі, Н / мм	Уақытша қарсылық, Н/мм ²	Салыстырмалы ұзарту, %
Біркелкі, 12% және одан көп өту үшін	528	621	27
Әркелкі, бір өту үшін 10% - дан кем	508	597	25
Айырмашылық	+20	+24	+2

Металлографиялық зерттеулер көрсеткендей, көп жағдайда илектелген парақтардың құрылымы ДУО клетіндегі қатты күйдіру режимі айтарлықтай біркелкі феррит-перлит қоспасы (3.9-сурет), бұл кішігірім және әсіресе, әрлеу алдында біркелкі қайта кристалданған аустенит дәні маңызды прокаткой. Зерттеудің осы кезеңінде жүргізілген нәтижелерді талдау нәтижесінде, келесі қорытындылар жасалды:

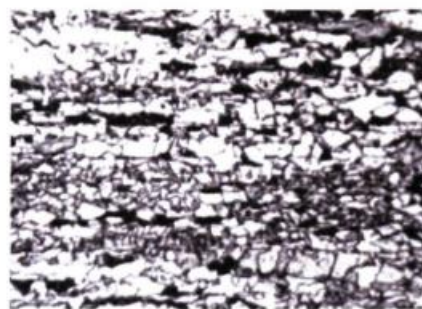
-К60 беріктік класындағы табақты болаттардың химиялық құрамы атап айтқанда, беріктік сипаттамаларын (кірістілік шегін) арттыру үшін түзетіңіз және уақытша кедергіні арттыру) қатты ерітінді (1,55-1,60% - ға дейін марганец және 0,50-0,60% - ға дейін кремний) хром, никель және Мыстың массалық үлестері; массалық үлестер карбонитрид түзуші элементтер мынадай шектерде шектелуі тиіс: ванадий-0,05-0,07%; ниобия-0,06-0,08%;

-Әдістемелік пештердегі плиталардың қыздыру температурасы 1220 шегінде болуы керек . Ниобий карбонитридтерінің толық еруін қамтамасыз ету үшін 1240°C және одан да көп оны қатты ерітіндіге ауыстыру;

-Слябтарды ДУО клеттеріне илемдеу қарқынды сығу арқылы жүргізілуі тиіс-жоқ әрбір белсенді өту үшін 12% - дан кем емес (кем дегенде соңғы үш өту жолында).



а)

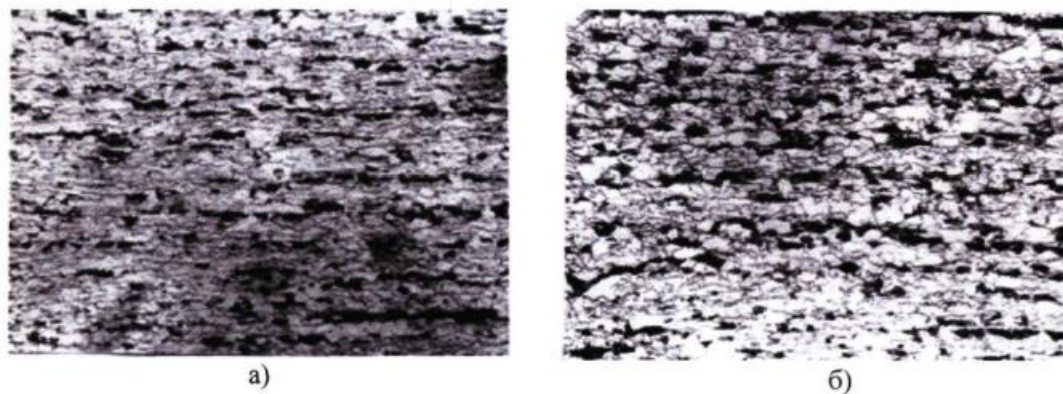


б)

2.4 Сурет – Қалыңдығы 15,7 ММ, х400 10Г2фбю маркалы табак болатының микроқұрылымы.

Металлографиялық зерттеулерде мыналар анықталды. Парақтар үшін, механикалық қасиеттері төмен икемділікпен сипатталады ($5s = 15-21\%$), зерттелген брендтердің болат құрылымы (К60 беріктік класы және 10Г2фбю бренді) 15-20% перлит үлесі бар феррит—перлит қоспасы (3.16-сурет, а). Перлит жолақтарда (жолақтарда) орналасқан, жолақ ГОСТ 3-2, 5 шкаласымен сипатталады 5640. Ферритті аймақтардың құрылымы тән болды: кішкентай эквиваленттермен қатар 9-10 баллға сәйкес келетін феррит түйірлері үлкен, ферритті дәндерді илектеу бағытында созылған. Ұзартылған ферритті дәндерде жоғары төзімділік, сондай-ақ үлкен микро қаттылық ($HV = 185 \pm 25$) ферриттің эквивалентті дәндері ($HV = 145 \pm 25$). Парақтарға арналған механикалық қасиеттер кешені қалыпты икемділікпен сипатталатын ($8s \sim 22-23\%$) құрылым сипатталады деформацияланған учаскелердің едәуір аз саны және тең осьтік феррит (2.5)

Деформацияланған ферриттің ішкі құрылымының егжей-тегжейлі ерекшеліктері электронды-микроскопиялық зерттеулерде зерттелген.



2.5 Сурет - К60 беріктік класындағы Болат табақтың микроқұрылымы бақыланатын илектеуден кейінгі

а-ұзарту 16-21%, б-ұзарту 22-23% (х 400) (2.5 сурет,а) ірі ұзартылған дәндердің субқұрылымында көптеген Бос орындар бар, бұл тән полигонизация өтпеген қатты деформацияланған күй; тең осьті дәндер үшін феррит тығыздығы едәуір төмен көпбұрышты құрылыммен сипатталады дислокация (2.5 сурет, б).

Өнеркәсіптік өндіріс жағдайында қасиеттерге әсерін зерттеу жүргізілді К60 легирлеуші элементтердің беріктік класының болаты (Сэ, хром, никель, мыс) және термомеханикалық илемдеу. Зерттеулер көрсеткендей, 2800 диірмен жағдайында парақ прокатында К60 беріктік класының қасиеттер кешенін алу үшін қайта құру болатты барынша легирлеуді жүргізу қажет (Сэ=0,42-0,43%), әдістемелік қылыштардағы слябтарды қыздыру температурасын 1240 °с-қа дейін арттыру, салыстырмалы прокаттаудың бастапқы сатысында (кем дегенде соңғы үш өту жолында) одан көпке дейін сығу 12%. Сонымен қатар, прокатта талап етілетін қасиеттер минималды маржамен алынады беріктік сипаттамалары, икемділігі және төмен

температуралы тұтқырлығы. Сонымен қатар, ұзақ уақытқа созуға байланысты әрлеу прокатының басталуы мен аяқталуының төмен температурасы rodcat диірменнің өнімділігін 1,5-2 есе төмендетеді. Зерттеулер көрсеткендей, қасиеттердің заманауи деңгейін алу және өнімділікті арттыру үшін не қажет кейіннен жедел салқындату арқылы бақыланатын илектеу технологиясын қолдану.

Қыздыру температурасының 1250-ден 1150 °C-қа дейін төмендеуі шекті төмендететіні көрсетілген аққыштық және уақытша кедергі 40 Н/мм және 3-дәрік суыққа төзімділікті арттырады рет.

3 К60 беріктік класындағы табақ прокатын өндіру технологиясын әзірлеу

Сыналған технологияның негізгі параметрлері 5-кестеде келтірілген, нақты бақыланатын илектеу және жеделдетілген салқындату режимдері, сондай-ақ механикалық қасиеттері 6-кестеде келтірілген.

3.1 Кесте—Қалыңдығы 11-13 штрипс өндірісінің негізгі технологиялық параметрлері мм болаттан жасалған сынып беріктігі К60

Прокаттаудың аяқталу температурасы, °С	820-830
Салқындатудың аяқталу температурасы, °С	600
Салқындату қарқындылығы, °с / сек	20

3.2 Кесте –Бақыланатын илектеу мен жылдамдатылған салқындатудың нақты режимдері және механикалық қасиеттері

Но рмативті к құ жат	Қа лыңдығ ы Па рақ пр окат, мм	Те мператур а аяқ тау таз а	Тем пература аяқ тау жед елдетілге н	Ш егі ақ қыштығ ы, Н / мм	У ақытша қа рсылық , Н /мм2	Сал ыстырмал ы ұзар ту,%
----------------------------------	--	---	--	---	---	--------------------------------------

		пр окаттау, °C	сал қындату, °C			
КҚ механикалық қасиеттеріне қойылатын талаптар				51 0-610	5 90-690	>22
ТС 1365784 2-243- 2009	11, 8	82 0-840	530 -644	46 6-510	5 20-590	24,5 -29

Ұсынылған мәліметтерден өндірілген стрипстің басым бөлігі беріктік сипаттамалары бойынша НТҚ талаптарын қанағаттандырады. Себептерін анықтау үшін нашар механикалық қасиеттері парақтың микроқұрылымына талдау жүргізілді қалыңдығы 11,8 ММ. металлографиялық талдау барысында бұл анықталды төмен ("сәтсіз") механикалық қасиеттері бар прокаттың микроқұрылымы мыналардан тұрады бейнит және ірі тең осьті феррит; бейниттің көлемдік үлесі ~ 20%. Үлгілері ТС талаптарын қанағаттандыратын механикалық қасиеттері бар металл илегі, в микроқұрылымда бейниттің көлемдік үлесі жоғары (=40%), бұл анықталды бұрын қалыңдығы 17,8 ММ прокат өндірісінде.

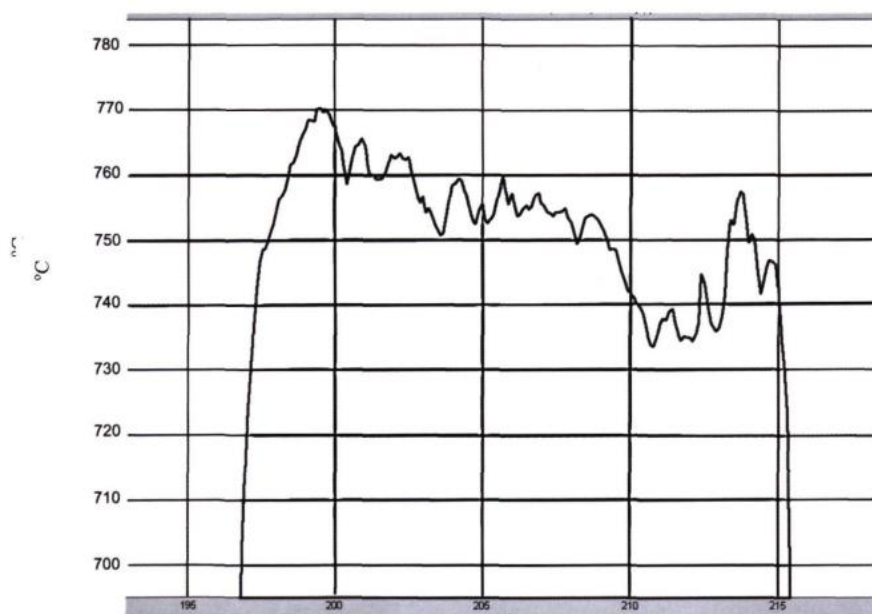
Фазалық түрлендіру кинетикасын зерттеу сынып парағының прокатында жүргізілді КҚ 13657842-243-2009 техникалық келісімі бойынша өндірілген К60 беріктігінің техникалық шарттар ТУ 14-1-5511-2005. Болаттың химиялық құрамы, реттелетін техникалық келісімде химиялық құрамға қойылатын талаптардан айтарлықтай айырмашылық бар техникалық шарттар: көміртектің массалық үлесі шектелген; ниобийдің және ванадий; никель мен мыс хромының мөлшері шектеулі. Зерттелгендердің химиялық құрамы үлгілер 6-кестеде келтірілген. Фазалық түрлендіру кинетикасын зерттеу термокинетикалық диаграммаларды құру арқылы дилатометриялық әдіс.

Модельдеу басқарылатын жылжымалы режимдер:

- 1250 °C температураға дейін қыздыру;
- 1000 °C температурада 20% қысу деформациясы;
- 800 °C температурада 20% қысу деформациясы;
- 0,5-тен 100 °C/с-қа дейінгі әртүрлі жылдамдықпен одан әрі салқындату.

Кварто клеттерінде оны прокаттау кезінде прокат бетінде басқарылмайтын ағындармен қозғалатын судың көп мөлшері және кездейсоқ осылайша, пирометрлердің көмегімен прокат температурасын бекіту аймақтарына түседі.

Мұндай ағындардың болуы прокат температурасын өлшеу процесіне теріс әсер етуі мүмкін және, тиісінше, Автоматты процесске қосымша "наразылық" қосыңыз бақыланатын прокаттауды басқару. Осыған байланысты бөлу талдауы жүргізілді жайылу ұзындығы бойынша, оның ішінде онда су болған кездегі температура. Талдау көрсеткендей өлшеу аймағында болуына байланысты температураны өлшеудің үлкен тұрақсыздығы бар бақыланбайтын су ағындарының пирометрімен, олар күткендей, қатты пирометрдің көрсеткіштерін бұрмалайды және орташа температураны есептеу кезінде айтарлықтай қателік жібереді, басқару машинасының шешім қабылдауының тұрақсыздығына не себеп болады және сәйкесінше, прокаттаудың температуралық режимін анық емес жаңғырту. Бақыланбайтын су ағындарын роликтен алып тастау ұсынылды клеттің алдында және артында арнайы үрлейтін құрылғылар (ауа бұрқақтары) орнатылады. Міндет мұндай сыпырғыштар-бекіту аймағына бақыланбайтын су ағындарының түсуін болдырмау температура пирометрмен. Көрсетілген іс-шараларды іске асыру айтарлықтай жылжымалы температураны анықтау сапасын жақсарту және тұрақтылығын арттыру бақылау машинасының температуралық режимін ойнату, бұл бірден әсер етті парақтарды прокаттау кезінде механикалық қасиеттерді қамтамасыз ету тұрақтылығы.

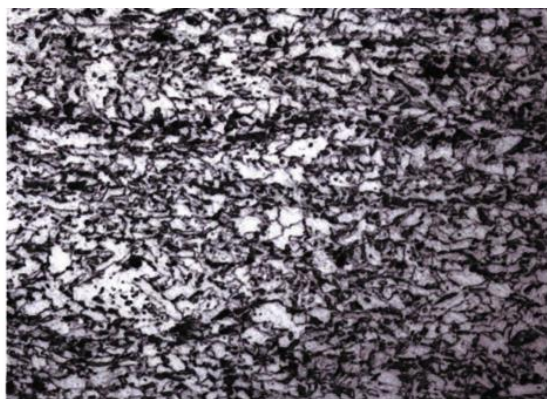


3.1 Сурет – Клеттен кейін пирометрмен алынған жайылу ұзындығы бойынша температураның таралуы, тарылтқыш құрылғыларды орнату нәтижесінде

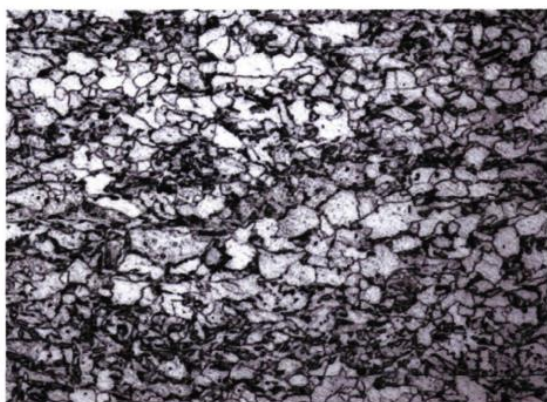
Басқарылмайтын су ағындарын жайылудан алып тастау және жайылымдықтарды Уао-ға салқындатуға көшу, бірінші бөлімдерден бастап, КП+УКО технологиясын жеткілікті түрде тұрақтандырды жұқа бір реттік Парақ үшін; жоғарыда аталғандарды іске асырудың жұқа екі реттік парақтары үшін іс-шаралар жеткіліксіз болды. Механикалық тұрғыдан тұрақты "сәтсіздік" байқалды екі раттың ортасына сәйкес келетін жұп парақтардағы қасиеттер.

Өндіріс кезінде қанағаттанарлықсыз механикалық қасиеттерді алуды талдау екі рет илемдеу соңғы өту кезінде илемдеу жылдамдығын көрсетті тұрақты емес (роликті түсіру 2,5 м/с жылдамдықпен жүреді). Раскат бір рет уко пирометрінің астына түседі, басқару моделі тасымалдау жылдамдығын есептейді раската және оны өзгертеді. Жылдамдықтың өзгеруі (кұлау) соңғысымен прокаттау кезіндегі сияқты тән белсенді өту кезінде, сондай-ақ

соңғы бос өту арқылы прокаттау кезінде. Орамның бірінші жартысын клет арқылы бір жылдамдықпен және қалған жылдамдықпен тасымалдау басқа, төмен жылдамдықпен илектеу бөліктері илектеу салқындату әкеледі әр түрлі жағдайларда және орамның екінші жартысы Уао-ға өте үлкен көлемде кіреді үлестерінің выделившегося равноосного ірі ферриттен.



а)



б)

3.2 Сурет – Парақтардың микроқұрылымы балқыту партиясы V9107 V91572

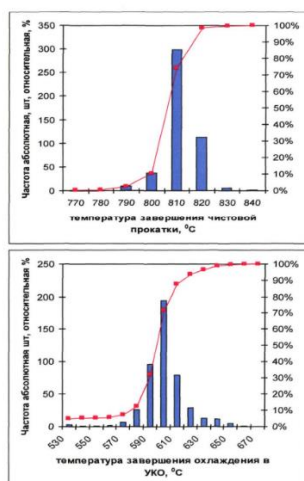
Режимі: GKP=810-820 °C; 7, KM. A.=580; жылдамдық oh wetdeni ≈ 20 °C/C. нақты деректер: МККмидл. = 769 °C; Ткмидл. м. о. = 538 °C; желдің жылдамдығы -17 °C / c; А-жараның басы, STT=615 Н/мм²; OV = 700 Н / мм²; 5=20%; В-Ресейдің ортасы,=575 Н/мм²; AV=660 Н / мм²; 5=20%

Жылжымалы режимнің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін жылдамдықты арттыру ұсынылды quarto клеттеріндегі соңғы өту және соңғы өту жылдамдығын синхрондау Уао-да жаюды тасымалдау жылдамдығымен (жаю температурасы туралы ақпарат УКО басқару моделі соңғы бос орын алдында).

Жүргізілген іс-шаралар кешені кварто клетінің жұмысын тұрақтандыруға және Уао жүйелері. Әрлеу илектеу және жеделдету аяқтау температурасын бөлу дайын илектеуді аяқтаудың берілген температурасы 805 °C және берілген 600 ° C жылдам салқындатудың аяқталу температурасы 4.11-суретте көрсетілген. Соңғы прокаттауды аяқтау және жылдамдатуды аяқтау температурасы мәндерінің шашырауы салқындату төмендеді. Жеделдетілген салқындатудың аяқталу температурасы мәндерінің 90% дейін ± 20 °C аралыққа түседі және 95% мәндерге прокаттауды аяқтау температурасы түседі аралық ± 10 °C.

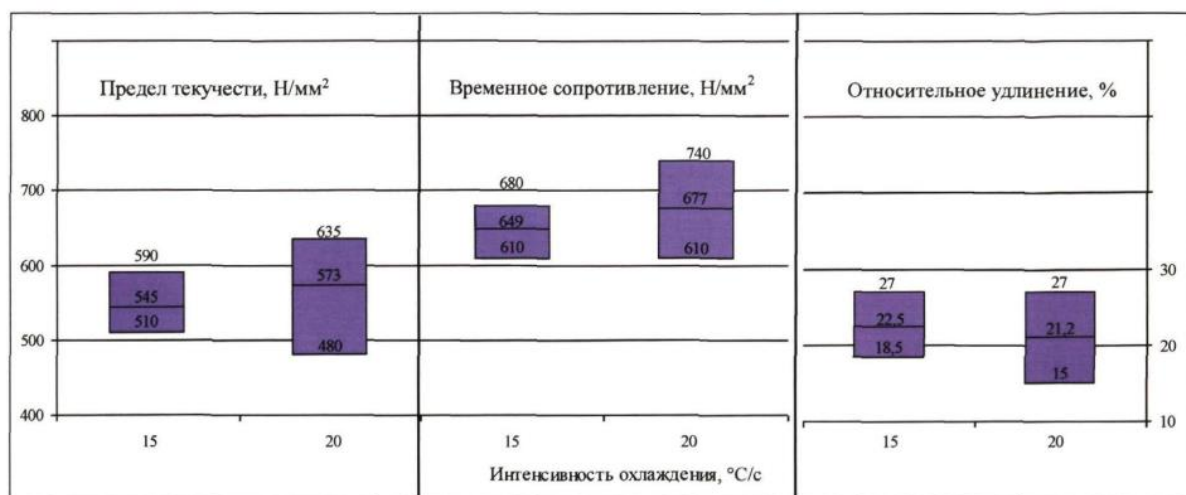
Жабдықтың жұмысын жөндеу нақты режимдерді тұрақтандыруға мүмкіндік берді нақты өңдеуді қамтамасыз ететін бақыланатын илектеу және жеделдетілген салқындату Уао-мен басқарылатын прокаттау процесі. Мұны алынған адамдар жақсы көрсетеді қалыңдығы 18 К60 беріктік класындағы болаттан жасалған табақтарды тәжірибелік илемдеу процесінің нәтижесі ММ.

Механикалық қасиеттердің тиісті тәуелділігі бақыланатын илектеу және жеделдетілген салқындату режимдері 18-суретте көрсетілген.



3.3 Сурет – Прокаттауды аяқтаудың және жылдамдатудың нақты температурасын бөлу қалыңдығы 14 мм К60 беріктік класындағы табак прокатын салқындату

КР+УКО технологиясының негізгі басқару факторларына қосымша әрлеу илектеу және жеделдетілген салқындату жоғарыда температура қарастырылған деформация аяқталғаннан кейін салқындату жылдамдығын, әсіресе аралықты қамтиды фазалық түрленулер ағымының температуралары. Осыған байланысты механикалық НТҚ талаптарын қанағаттандырмайтын штрипстердің қасиеттері төмендегілермен сипатталды икемділік және жоғары беріктік сипаттамалары ұсынылды Уао-да салқындату қарқындылығының төмендеуін байқап көру. Уао-да салқындату жылдамдығының құрылымдық жағдайға әсерін анықтау үшін прокат және механикалық қасиеттері және өнімділігін арттыру жарамды илектеу ұсынылды әр түрлі жылдамдықпен қалыңдығы 15,7 мм парақтардың тәжірибелік-өнеркәсіптік партиялары Уао-да салқындату (15 және 20 °C/c). Тәжірибелік-өнеркәсіптік прокаттаудың нақты нәтижелері УКО-да салқындату қарқындылығымен К60 беріктік класындағы болаттан жасалған қалыңдығы 15,7 ММ табактар 15 °C / c және 20 °C/c 4.13-суретте көрсетілген.



3.4 Сурет – Уао-дағы салқындату қарқындылығының механикалық қасиеттерге әсері

Жаңа және қайта жаңартылған жабдықтар жұмысының ерекшеліктерін ескере отырып, НТҚ талаптары үшін беріктік класы K60 (X70) болатының химиялық құрамы түзетілді нормативтік техникалық талаптарды қанағаттандыратын механикалық қасиеттерді қамтамасыз ету құжаттама. ТУ 14-1 бойынша өндірілген K60 (X70) беріктік сыныбының табақтық прокаты— 5511-2005 және ТШ 14-1-5493-2004 құрамында: С 0,06-0,08%; Si 0,25-0,35%; Мп 1,55-1,70%; Сг, Ni, Си 0,10% артық емес; S 0,003% артық емес; Р 0,015% артық емес; Nb 0,060-0,080%; V 0,050-0,070%; Ti 0,020-0,030%; Al 0,020-0,050%.

Қалыңдығы 23 мм дейін болаттан жасалған табак прокатын өндіру технологиясы жасалды технология бойынша K60 беріктік класы: бақыланатын илемдеу және бақыланатын илемдеу 2800 ЛПЦ-1 ААҚ қондырғысын қайта жаңғыртылған жабдықта жедел салқындату "Орал Болаты".

Бойынша өндірілген беріктік класы K60 болаттан жасалған табакпрокатының микроқұрылымы әзірленген технология — жеделдетілген салқындату арқылы бақыланатын илектену феррит-бейинит қоспасы (феррит 50%, төмен көміртекті бейинит және инелі феррит 45-50%); ферритті дәннің

мөлшері МЕМСТ бойынша 11-12 баллға сәйкес келеді 5639; жолақ құрылымы жоқ.

Өндірістің әзірленген технологиясы жоғары біртектілікті алуға мүмкіндік береді механикалық қасиеттері, парақтың ауданы бойынша да, партиядағы парақтан параққа дейін.

Қалыңдығы 29,3 ММ болаттан жасалған табақ прокатын өндіру технологиясы жасалды бойынша К60 (X70) беріктік класы "Портовая"КС жобасы үшін ерекше төзімді дизайнда. Болаттың химиялық құрамы әдеттегі өнімділіктен төмен мазмұнмен ерекшеленеді көміртегі 0,06-0,07% дейін, және прокаттың үлкен қалыңдығын ескере отырып, 29,3 мм — теңдестірілген аустенит — марганецтің тұрақтылығын 1,7-ге дейін арттыратын элементтермен допинг%, никельмен 0,5% дейін молибденмен 0,10% дейін және үнемді микролегирлеумен: ниобиймен 0,05 дейін%, ванадий 0,04% дейін және титан 0,02% дейін. Сондай-ақ зиянды қоспалардың құрамы шектеулі болды (0,002% - ға дейін күкірт, 0,010% - ға дейін фосфор) Болаттың жойылуы. Нәтижелер өнеркәсіптік сынауды жалға берудің жүз қасиетін көрсетті әзірленген технология бойынша парақтарды өндіру талаптарға толық сәйкес келеді нормативтік техникалық құжаттама.

3.1 К60 ванадийлі Болатсыз зертханалық балқытпаларды жасау және зерттеу

Химиялық құрамның үш нұсқасын балқытуға зерттеу жүргізу үшін бақыланатын прокат (КП) және бақыланатын прокат с режимдері бойынша өңделген жедел салқындату (КП+УО). Болат индукциялық пеште балқытылды. Балқыту массасы 30 кг. құю алдындағы металдың температурасы 1540-1550 °С. уақыт балқыту 30-35 мин болды. ең төменгі бықсық, легирлеуші элементтердің. Металды балқыту және одан әрі өңдеу

металл айнасын оттегі, азот және т. б. түсуінен қорғау үшін қож қабатының астында жүргізілді атмосферадан сутегі. Балқыту технологиясы дезоксидтендіргіштерді енгізуді қарастырды, түрлендіргіштер, қосындылайтын және микролегирлейтін элементтер сым түрінде де, В технологиялық суспензия түрінде.

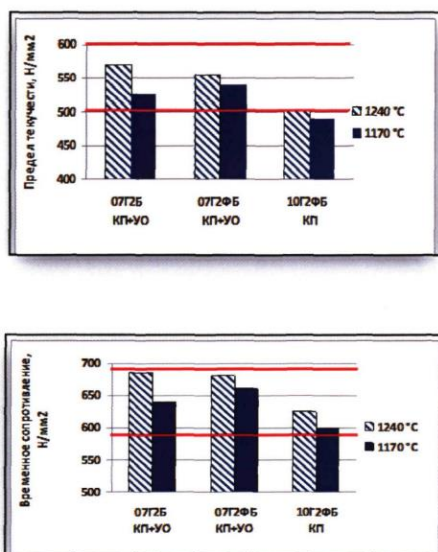
Шығарылғанға дейін шелектің температурасы 700-800 °C болды металды қатыруды болдырмау. Құю мүмкіндігінше тез жүзеге асырылды біртекті металды араластыруды және алуды қамтамасыз ету. Разливку шығарып пайдалы кеңейтімі бар құймақалыптар. Құйманың массасы 10 кг-нан аспады. пайдалы бөлік құймадан алынды. Дайындамаларды илектеу үшін қыздыру жүзеге асырылды электр жылыту пешінде 1170 және 1240 °C температураға дейін қыздыру уақыты 90 мин. прокаттаудың бастапқы кезеңінің алдында құймалар с Екі өту үшін клеттерге домалатылды мақсатында пеш шкаласын тиімді жою үшін 90°C аралық жиектеу өлшенген температураның дәлдігін арттыру (стационарлық және қол пирометрімен) және құйманы дұрыс геометриялық өлшеммен беру. Екі өткел үшін қысу аспады 2%.

Прокаттаудың өрескел кезеңі толық өтудің температуралық интервалында жүзеге асырылды қайта кристалдану (1000-1100 °C) кем дегенде 15% жеке қысымдармен 3 өту үшін.

Прокаттаудың соңғы кезеңі 930-740 °C температура аралығында жүргізілді. прокаттаудың соңғы сатысындағы деформация 70% - дан астамды құрады, жеке деформациялар бір өту үшін 10% - дан астам.

Механикалық кешенге әсер ететін негізгі технологиялық факторлардың бірі қасиеттері-илектеу үшін металды қыздыру температурасы. Зертханалық эксперимент болатты қыздырудың екі нұсқасын салыстырды - 1170 және 1240 °C. салыстыру нәтижесі Болаттың механикалық қасиеттері 20-суретте көрсетілген. Ұсынылған мәліметтерден прокатқа арналған қыздыру температурасы туралы қорытынды жасауға болады барлық зерттелген

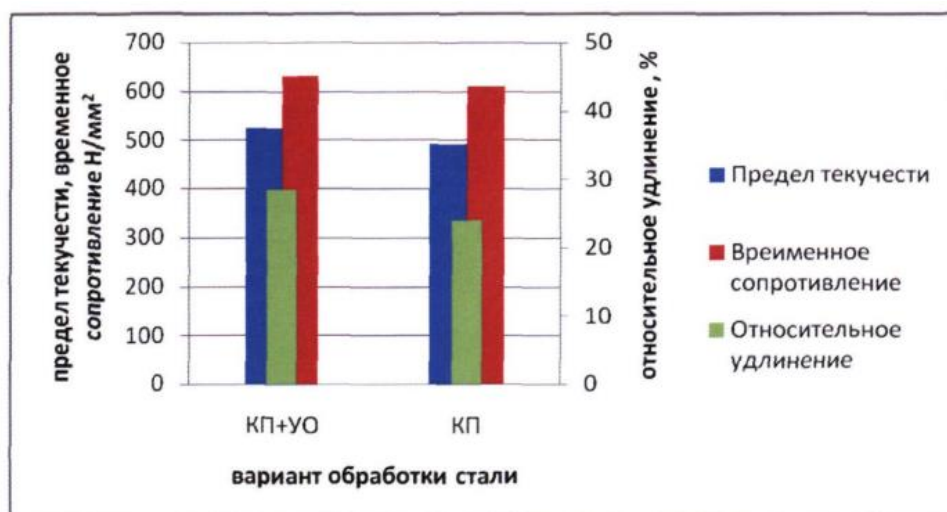
химиялық заттардың болатының беріктік қасиеттеріне айтарлықтай әсер етеді құрамдарды. Қыздыру температурасының жоғарылауы кірістілік шегінің 10-60% өсуіне әкелді Н/мм²; уақытша кедергі 15-60 Н/мм²(максималды өсу байқалды ванадийсіз болаттар және ең аз көміртегі бар болаттар, ең аз болатына ванадий және жоғары көміртегі).



3.5 Сурет – Болаттардың механикалық қасиеттерін прокатқа дейін қыздырумен салыстыру температура 1170 және 1240 °C

Қыздыру температурасының салыстырмалы ұзаруына әсер ету заңдылықтары болаттар анықталған жоқ.

КП режимі бойынша өңделген жолақтардың микроқұрылымы ферритно болып табылады—перлиттің көлемдік үлесі ~ 20% перлит қоспасы. Дұрыс көпбұрышты феррит дәндері орналасу тығыздығы төмен формалар. Сондай-ақ құрылымда жолақ бар, ГОСТ 5640 сәйкес келетін 3 балл. Жеделдетілген салқындатуды қолдану жойылды . Болаттың құрылымдық жолағы. Құрылымда ине феррит, Бейн және көпбұрышты ферриттің аз көлемдік үлесі.



3.6 Сурет – Болатты өңдеу режимінің механикалық қасиеттерге әсері

Термомеханикалық өңдеу және жеделдетілген режимдердің әсері зерттелді Болаттың микроқұрылымын және механикалық қасиеттерін қалыптастыру үшін салқындату. Ванадиймен және ванадийсіз болатты Өндеудің оңтайлы режимі анықталды. Көрсетілген, жеделдетілген салқындату арқылы басқарылатын илектеу технологиясын қолдану сізге Болаттың жоғары беріктігі мен суыққа төзімділігін алыңыз.

Технология бойынша прокат өндірісінде ванадий болатын қосымша легирлеу жеделдетілген салқындатумен бақыланатын илектеу айтарлықтай үлес қоспайды болаттың қатаюы. Болаттың беріктігіне беріктендірудің әртүрлі тетіктерінің үлесін жүргізілген бағалау болатты нығайтатын негізгі факторлар: астық дисперсті бөлшектерді қатайту, қатайту және қаттылықты қатайту.

4 Табақ прокатының өнеркәсіптік өндірісін сынамалау

Механикалық қасиеттерді нақтылау үшін сол жағдайларда екінші тәжірибелік режим жүргізілді түзетілген МК-мен уо-615 °C. №6 парақты сынау нәтижелері мәнін көрсетті аққыштық шегі 150 Н / мм² қалған 4 парақтан төмен, сондықтан осы парақтың нәтижелері мүшелігінен қарау түрі неадекватности нәтижелерін сынау. Нақты прокаттаудың аяқталу температурасы орта есеппен 815 °C құрады, бұл МКК жоғары бірінші тәжірибелі 10 °C-қа прокаттау Уао-да салқындатуды бастаудың нақты температурасы 15 °C-қа көтерілді.екінші тәжірибелік прокатта уо біріншіге қарағанда 10-20 °C төмен болды тәжірибелік илемдеу. Азаматтық кодекстің төмендеуіне қарамастан УО, беріктік үшін басым факторлар қасиеттері жоғарылаған және Гн беріктік қасиеттерін біршама төмендеткен уо 5-15 Н/мм²). Деңгейі тұтқырлығының төмендеуі кезінде ТкУО бірнеше өсті (10-30 Дж / см²). Ант тестінің нәтижелері нашарлаған жоқ. Екінші тәжірибелік илектеу нәтижелеріне сүйене отырып, Азаматтық кодекс төмендеді уо одан да төмен парақтардың беріктік қасиеттерін арттыру үшін температура 600 °C.

Прокаттау параметрлерін талдау және жеделдетілген салқындату №23 және 24 парақтарды қоспағанда, барлық парақтар берілген технология бойынша прокат, МКК бойынша тербелістер

МК бойынша 8 °C құрады уо-28 °C. төмендеуі №23 және 24 табақтардың КВАРТО клеттеріндегі прокаттау температурасы кіші беттің "жатуымен" байланысты болды ДУО клетіндегі №24, осылайша, №24 кіші бөлім ДУО клетінен №23 кіші бөлім осы кіші бөлімдердің КВАРТО клеттерінде прокаттауды бастау температурасы төмен болды есептік. Тиісінше МКК және Гн сондай-ақ, УО берілгендерден төмен болды, ал №24 парақ үшін автоматика

клеттер өту санын қайта есептеді. Қарқындылығы салқындату жайылмалардың және алдыңғы "барлау" белгіленген деңгейге сәйкес келмеді және орташа есеппен 19,3 °C/C құрады (берілген қарқындылық 10 °C / c). Бұл

орамның кішкене қалыңдығына және шектеулерге байланысты Уао - ның "- 4" схемасы бойынша жұмысы, ол автоматикаға берілген тапсырмаларды толық көлемде іске асыруға мүмкіндік бермейді. жұмыс параметрлері. 3-ші тәжірибелік прокаттаудың механикалық сынақтарының нәтижелері ам 14 парақтан тұрады. Аққыштық шегі бойынша ауытқу 30 Н/мм² құрады, уақытша кедергі бойынша 20 Н/мм², салыстырмалы ұзаруы бойынша 5,5% (абс). Механикалық деңгейдің "біркелкі" деңгейі жеткілікті қасиеттер осы массивтің сенімділігі мен өкілдігі туралы айтуға мүмкіндік береді.

Аққыштық шегінің орташа деңгейі 512 Н/мм² құрады, төменгі шекте не бар нормаланатын мәндер. Уақытша кедергінің орташа деңгейі 593 Н/мм² құрады, бұл нормаланатын мәннен 2 Н/мм² төмен. Салыстырмалы ұзарту 22,5-тен 28-ге дейін%, орташа мәні 25,3%, сондықтан бұл үшін белгілі бір қор бар көрсеткіші. Өткір және дөңгелек кесектері бар үлгілердегі соққы тұтқырлығының мәні 3-4 құрайды нормаға қатысты бірнеше қор. Ант тестінің барлық нәтижелері нормаға сәйкес келеді.

Осылайша, қарастырылып отырған режим сынып болатының "стандартты" нормаларын қамтамасыз етеді К60 беріктігі (мысалы, ТУ 14-1-5511 кеңінен қолданылатын техникалық шарттардың нормалары-2005) шығу деңгейінде жарамды 92,8%. К60 жоғары беріктік класының штрипстері үшін беріктік қасиеттері (мысалы, ТС 13657842-242) "қатты" режимдер.

Келесі кезеңде температура мен деформация параметрлерін өзгертпестен шешім қабылданды жылдамдығын 580°С-қа дейін төмендету; Уао 3-ші тәжірибелі илектеу нақты салқындату қарқындылығы 18-20 °С/с болды қандай, беріктік қасиеттерінің деңгейін арттыру үшін Бұл параметрді 25°С/С деңгейінде орнатыңыз. Сондай-ақ, Уао-да салқындату схемасы "- Л" - ден "+1" - ге түзетілді. Осылайша түсірілді Уао автоматикасының жұмысына қойылатын шектеулер, бұл сапаға оң әсер етуі керек еді берілген салқындату режимдерін пысықтау.

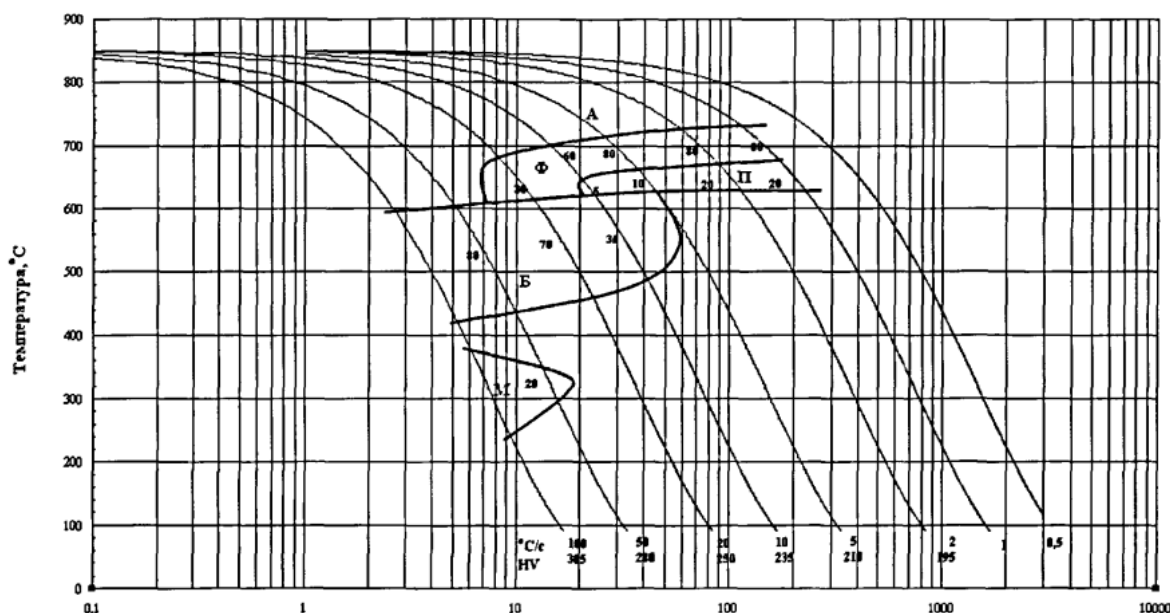
4-ші тәжірибелік режим VI 1770 тәжірибелік балқытудан соңғы 5 қаңылтыр үшін жүргізілді. Берілген прокаттау және жедел салқындату нақты режимі 7.2-кестеде келтірілген. Алайда осы "барлауды" өндіру кезінде негізгі бағыттардан айтарлықтай ауытқулар анықталды өндірістің берілген параметрлері:

- прокаттауды аяқтаудың орташа температурасы берілген температурадан 9 °C жоғары;

- жеделдетілген салқындатудың орташа аяқталу температурасы 15 °C төмен берілген;

- барлық парақтарды салқындатудың орташа қарқындылығы берілген парақтан 5 °C/C жоғары.

Әрі қарай, олар тәжірибелік фазалық түрлендірулердің кинетикасын зерттеу жұмыстарын жүргізді балқыту VI1770 болат сынып беріктігі K60 жоқ микролегирования ванадий. Көрсетілген жұмыс barh 805 деформациялық дилатометрде жүргізілді .



4.1 Сурет – Салқындатылған аустенитті түрлендірудің термокинетикалық диаграммасы тәжірибелік балқыту VI1770

Ұсынылған мәліметтерден Болатта К60 беріктік класы жоқ екенін көруге болады ванадий микролегациялаушы қоспа ретінде, салқындату жылдамдығы 10 °С/с-тан төмен болғанда феррит-перлит құрылымы қалыптасады. Салқындату жылдамдығын 20 °С/с дейін арттыру бұл перлит аймағында 30% - ға дейін мөлшерде бейниттің пайда болуына әкеледі іс жүзінде өмір сүруді тоқтатады. Салқындату жылдамдығы құрылымында 30 °С/с жоғары болған кезде металл феррит толығымен жоғалады және мартенсит пайда болады.

Осылайша, зерттелген брендтердің Болат микроқұрылымының өзгеруі көрсетілген қарқынды жеделдетілген салқындатуды қолдану мен құлдырауға тікелей байланысты жылдам салқындатудың аяқталу температурасы 570 °С дейін. берілген химиялық құрамдағы болатқа микролегирлеусіз жеделдетілген салқындату ванадиймен К60-тан К65-ке дейін механикалық қасиеттердің кең ауқымын алуға болады. Жеделдетілген салқындатудың қарқындылығы мен температурасын оңтайландыру арқылы сіз НТҚ талаптарын қанағаттандыру үшін феррит пен бейниттің қажетті арақатынасын алу беріктік класы үшін К60. Болатты микролегирлеуге арналған ванадийді қолдану тиімсіз.

Қорытынды

1) Беріктігі жоғары табақ өндіру мүмкіндігін бағалау бойынша зерттеулер жүргізілді 2800 "Орал Болат" ААҚ диірменіндегі болаттар. Жүргізілген зерттеулер негізінде 2800 диірменін қайта құрудың металлтану негіздемесі, режимдер әзірленді термомеханикалық илемдеу және сыныптағы қалың табақты болаттарды жедел салқындату К60, анадийсіз Болаттың химиялық құрамы әзірленді және сыналды өнеркәсіптік жағдай. Қалыңдығы парақтарға арналған Х70 болатының химиялық құрамы жасалды Төмен температурада (-40°C) жұмыс істеу үшін 29,3 мм және оның технологиясы сыналды өндіріс жағдайында қалыңдығы үшін ниобийванадийлі Болаттың құрамы нақтыланды 11-22 мм және оның өнеркәсіптік өндірісі игерілді.

2) К60 беріктік класының анадийсіз болаты дәнекерлеуден кем түспейтіні көрсетілген дәстүрлі ниобийванадийлі Болат. Үшін тән салқындату жылдамдығы кезінде қалың қабырғалы құбырларды өнеркәсіптік дәнекерлеу, Болаттың -20°C кезінде ОШЗ металының соққы тұтқырлығы, 50 Дж/см² с (Nb+V) болатқа қарағанда жоғары бір Nb микролегирленген, бұл көбірек байланысты дисперлік жағдайын пластиналық бейнита да микроструктура ОШЗ болды жоқ ванадий. Ниобий бар болатқа ванадий қосу карбонитрид фазасының бөлінуіне әкеледі және аустенит тұрақтылығының төмендеуіне әкелетін қатты ерітіндінің көміртекке бейнит морфологиясының аз дисперсті түйіршікті пішінге өзгеруі, бұл металдың соққы тұтқырлығын төмендету.

3) Анадий емес және ниобий-ванадиев болатының микроқұрылымы КП+УО іс жүзінде бірдей. Екі жағдайда да бұл дисперсті феррит-бейинит перлиттің жеке бөлімдері бар құрылым. Екі Болаттың құрылымында Феррит бар ұсақ түйірлі (дән мөлшері 3-5 мкм), квазиполигонды және оның көлемдік үлес 45-55% - ға дейін құрайды. Бейнелік компонент келесі түрде ұсынылған дисперсті төмен көміртекті рейкалы бейнит және инелі феррит, көлемдік үлесі

35-40% құрайтын жұқа тақтатастың жеке учаскелері кездеседі перлит, олардың үлесі аз.

4) Бұл ұлғайту жеке деформация үшін өту соңында черновой илектеу с 6-10% - дан 12% - ға дейін және одан да көп (соңғы үш өткелде) кішігірім аустениттің қайта кристалданған дәні орта есеппен 8-10 мкм-ге

сипаттамасы шамамен 20 Н / мм², салыстырмалы ұзаруы 2% (абс), тұтқыр үлесі 20% - ға -20 °С сынау температурасы кезінде ант үлгілерінің құрамда бөлігі.

5) Прокатқа қыздыру температурасының 1240 °С-тан 1170 °С-қа дейін төмендеуі анықталды термомеханикалық илемдеуден кейін металдың суыққа төзімділігі мен соғу тұтқырлығын арттырады $\sigma_{FO} \text{ J / cm}^2$ жылдам салқындату теріс температураның барлық диапазонында.

ПАЙДАЛЫНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. High strength large diameter pipe plate - from standard production to X80/X100 // Niobium Information. - 1997. -№ 13. - P. 1-4
2. Инструкция по применению стальных труб в газовой и нефтяной промышленности. РАО «Газпром» Москва. 1996.
3. API 5L. Технические условия на трубы для трубопроводов. Отдел разведки и добычи. - изд. 42. 2000 Dallas. USA.
4. Hulka K., Heisterkamp F. Low Carbon Steels for the 90's. TMS. Warrendale (PA). 1993. P. 211-218.
5. Hall E.O., Petch N.J. JISI. vol.174, 1953, p.p. 25-28
6. Киношита Х., Вада Т., Андо Р. и др. Развитие технологии регулирования охлаждения при прокатке толстых листов ОАО «Черметинформация», Новости черной металлургии за рубежом, 2005, № 3, с. 44-49.
7. Muschenbom W., Imlau K.P., Meyer L., Schriver U. Recent development in physical metallurgy and processing technology of microalloyed flat rolled steels// "Microalloying 95" (Pittsburg, PA, USA, June 11-14, 1995). p. 35-48.
8. Tanaka T. Science and technology of hot rolling process of steel. Proceedings of the International Conference "Microalloyed 95" (Pittsburg, PA, USA, June 11-14, 1995). p.p. 165-181.
9. Sellars CM., Whitman W.A. Recrystallization and grain growth in hot rolling// "Metal Science", 1979, №13, p.p. 187-194.
10. Gladman T. The physical metallurgy of microalloyed steels // Institute of Materials, London, Book 615, 1997.

11. Meyer L., Buehler H.E., Heisterkamp F. Metallkundliche and Techologische Grundlangen fur die entwicklung und erzeugung perlitarmer baustahle // Thyssenforschungen, 1971, H. 1-2, s. 8-43.

12. Hulka K., Hillenbrand H.G., Heisterkamp f., Niederhoff K.A High temperature thermomechanical processing. Background and application // Microalloying 95. Proceedings of the International

Conference "Microalloying 95" (Pittsburg, PA, USA, June 11-14, 1995). p.p. 235-250.

13. Windhager M., Kneissl A., Jeglitsch F. Evolution of micro structure during the thermomechanical processing of HSLA steels // Proceedings of on International Symposium on Processing, Microstructure and Properties of HSLA Steels (Pittsburg, Pennsylvania, November 3-5, 1987). p.p. 105-116.

14. Gray M.J., De Ardo A.J. Austenite conditoning alternative for microalloyed steels products. HSLA steels: metallutgy and applications Proceedings

of on International Conference on HSLA Steels 85. Beijing (China, 4-8 November, 1985). p.p. 83-96.

15. De Ardo A.J., Gray J.M., Meyer L. Fundamental metallurgy of niobium in steel. Niobium // Proceedings of the International Symposium "Niobum 81" (San Francisco, California, November 8-11, 1981). Publication of the Metallurgical Society of AIME. 1984. p.p. 685-760.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Жандар Ербол Ержанұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Үлкен диаметрлі құбырларды өндірісі үшін болатты термомеханикалық өңдеу технологиясын жасау

Научный руководитель: Касым Елемесов

Коэффициент Подобия 1: 3.7

Коэффициент Подобия 2: 0.6

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 69

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☐ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата 02.06.2022

Кушнеров А.С.



проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Жандар Ербол Ержанұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Үлкен диаметрлі құбырларды өндірісі үшін болатты термомеханикалық өңдеу технологиясын жасау

Научный руководитель: Касым Елемесов

Коэффициент Подобия 1: 3.7

Коэффициент Подобия 2: 0.6

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 69

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

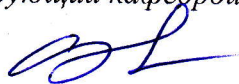
☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата

02.06.22

Заведующий кафедрой



**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Жандар Ербол Ержанұлы

Тақырыбы: Үлкен диаметрлі құбырларды өндірісі үшін болатты термомеханикалық өңдеу технологиясын жасау

Жетекшісі: Касым Елемесов

1-ұқсастық коэффициенті (30): 3.7

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0.6

Дәйексөз (35): 0.8

Әріптерді ауыстыру: 69

Аралықтар: 0

Шағын кеністіктер: 0

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

☒ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

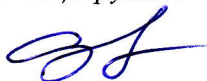
☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

Күні

02.06.22

Кафедра меңгерушісі



РЕЦЕНЗИЯ

Магистрлік диссертацияға
(жұмыстың аты)

Жандар Ербол Ержанұлына
(магистранттың А.Ж.Т.)

7M07111 – Машиналар мен жабдықтардың цифрлық инженериясы
(мамандық атауы және шифры)

Тақырыбы: Үлкен диаметрлі құбырларды өндірісі үшін болатты термомеханикалық өңдеу технологиясын жасау

1. Графикалық/демонстрациялық бөлімі 10 слайдта
2. Магистрлік диссертацияның жазбаша түсініктемесі - 60 бетте

Магистрант Жандар Ербол Ержанұлы, құбыр дайындамасына қойылатын қолданыстағы талаптарына зерттеу жүргізген.

Құбырдың конструкторлық сызбалары, схемалары және характеристикасы көрсетілген. Дәнекерлеуді зерттеп, жұмыс жасау ұзақтығын арттыру үшін бірнеше техникалық шешімдер ұсынған.

Диссертациялық жұмыста Табақ прокатының өнеркәсіптік өндірісін сыналып, оның технико-экономикалық тиімділігін қарастырған. Қазіргі жағдайда ерекше өзектілікке ие теориялық және іс жүзінде маңызды проблемаларды дербес, аяқталған зерттеу жүргізді деп санаймын.

Жалпы, магистранттың алдына қойған міндеттері толық көлемде және нормативтік құжаттар талабына сай орындалған, ғылыми жаңалығы мен тәжірибелік мәні бар жұмыс болып табылады.

Диссертациялық жұмысқа айтарлықтай ескертулер жоқ.

Жұмыстың бағасы

Диссертациялық жұмыс жоғары ғылыми-әдістемелік деңгейінде орындалған, қойылған мақсаттар мен міндеттерге қол жеткізілді, мазмұны мен безендірілуі нормативтік құжаттардың талаптарына сай орындалған.

Магистрант Жандар Ербол Ержанұлының біліктілігі мен ғылыми деңгейі «Техника ғылымдарының магистрі» атаққа лайық, ал оның диссертациясы – «90%» - пайызбен бағалауға болады.

Рецензент



МБА АӨ «АЗТМ» магистрі, коммерциялық директор

Қанатбаев М.А.

(қолы)

2022 ж.