

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

Абдусаитов Сеиткасим Эржигитугли
(білім алушының аты жөні)

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін дайындалған

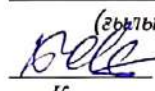
МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертация атауы Термомеханикалық өңдеу кезінде төмен легірленген
болаттарды беріктікке зерттеу

Дайындау бағыты 7M07111 - Машиналар мен жабдықтардың сандық
инженериясы
Мамандық шифрі және атауы


Ғылыми жетекші,
т.ғ.к., профессор
(ғылыми дәрежесі, атауы)
Елемесов К.К.
Аты жөні


Тізіп беруші,
МБА АО «АЗТМ» Бас директоры
(ғылыми дәрежесі, атауы)
Канатбаев М.А.
Аты жөні

Норма бақылаушы,
тех. ғыл. магистрі, лектор
(ғылыми дәрежесі, атауы)
 Балгаев Д.Е.
Қолы Аты жөні

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КАЗНИТУ ИМ.К.И.САТПАЕВА»
Институт энергетик
и машиностроения

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
ТМЖК кафедра меңгерушісі
т.ғ.к., ассис. проф.
(ғылыми дәрежесі, атауы)
 Бортебаев С.А.
Қолы Аты жөні

“ 03 ” 06 2022 ж.

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.

(ғылым дәрежесі, атауы)



Бортебаев С.А.

Қолы

Аты жөні

“ _____ ” _____ 20__ ж.

**Магистрлік диссертация орындауға
ТАПСЫРМА**

Магистрант Абдусаитов Сеиткасим Эржигитугли

(білім алушының аты жөні)

Тақырыбы: Термомеханикалық өңдеу кезінде төмен легірленген болаттарды
беріктікке зерттеу

(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:

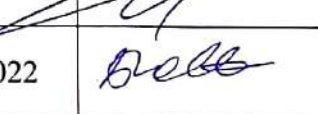
- а) жіксіз құбырларды термомеханикалық өңдеудің ерекшелігі;
- б) жіксіз құбырларды термомеханикалық өңдеудің режимін есептеп таңдау;
- в) төмен легірленген болаттарға термомеханикалық өңдеудің әсері;
- г) термомеханикалық өңдеуді моделдеу.

Ұсынылатын негізгі әдебиет: 25 атау

**Магистрлік диссертация дайындау
КЕСТЕСІ**

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Термомеханикалық өңдеуге арналған жабдықтың параметрлерін есептеу	1.03.2021	
Термомеханикалық өңдеу режимін есептеу және таңдау	1.04.2021	
Термомеханикалық өңдеуден алынған болатты беріктікке зерттеу	10.04.2021	
Термомеханикалық өңдеуді модельдеу	1.05.2021	

Аяқталған магистрлік диссертация бөлімдеріне кеңесшілер мен норма бақылаушының қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Термомеханикалық өңдеуге арналған жабдықтың параметрлерін есептеу	т.ғ.к., ассис. проф. Елемесов К.К.	1.03.2022	
Термомеханикалық өңдеу режимін есептеу және таңдау	т.ғ.к., ассис. проф. Елемесов К.К.	1.04.2022	
Термомеханикалық өңдеуден алынған болатты беріктікке зерттеу	т.ғ.к., ассис. проф. Елемесов К.К.	10.04.2022	
Термомеханикалық өңдеуді модельдеу	т.ғ.к., ассис. проф. Елемесов К.К.	1.05.2022	
Норма бақылаушы	тех. ғыл. магистрі, лектор Балгаев Д.Е.	02.06.2022	

Ғылыми жетекші

Тапсырманы орындауға алған
білім алушы

Күні

Елемесов К.К.
(аты жөні)

Абдусантов С.Э.
(аты жөні)

" " 2022 ж.

АНДАТПА

Диссертациялық жұмыста таңдалған болаттан жасалған сорғы-компрессорлық құбыр бойынша термомеханикалық өңдеу жүргізілген. Термомеханикалық өңдеудің жүргізілетін жабдық таңдалып, схемасы және үш өлшемді компьютерлік модельі салынды. Заманауи динамикалық компьютерлік бағдарламалардың көмегімен төмен легірленген болат беріктікке зерттелді. Таңдалған материалдан жасалған сорғы-компрессорлық құбырдың сақтандыру жүктемесі бойынша беріктігі есептелді. Беріктіке зерттеу нәтижесінде термомеханикалық өңдеу жабдығына оңтайлы режим таңдалды.

АННОТАЦИЯ

В диссертационной работе проведена термомеханическая обработка по выбранному стальному насосно-компрессорному трубопроводу. Выбрано оборудование для проведения термомеханической обработки, построена схема и трехмерная компьютерная модель. С помощью современных динамических компьютерных программ была исследована низколегированная сталь на прочность. Рассчитали прочность насосно-компрессорной трубы из выбранного материала по предохранительной нагрузке. В результате исследований на прочность был выбран оптимальный режим для оборудования термомеханической обработки.

ANNOTATION

In the dissertation work, thermomechanical processing was carried out along the selected steel pump and compressor pipeline. The equipment for thermomechanical processing was selected, a diagram and a three-dimensional computer model were constructed. With the help of modern dynamic computer programs, low-alloy steel was tested for strength. The strength of the pump and compressor pipe from the selected material was calculated according to the safety load. As a result of strength studies, the optimal mode for thermomechanical processing equipment was selected.

Терминдер мен қысқартулар

ТМ – термо-механикалық өңдеу

ЖТТӨ – жоғары температуралы термо-механикалық өңдеу

ТТТӨ – төмен температуралы термо-механикалық өңдеу

ҚЫИ – қарапайым ыстықтай илемдеу

ТЛЖБ – төмен легіріленген жоғары берік болат

ҚС – қарқынды суыту

БИ – басқарылатын илемдеу

ТМБП – термо-механикалық басқарылатын илемдеу процесі

СКҚ – сорғы-компрессорлық құбыр

СКМ – сорғы-компрессорлық муфта

ҰҚСҚ - ұнғымалық қарнақты сорғы қондырғысы

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Болаттарды термомеханикалық өңдеу	9
1.1 Термомеханикалық өңдеу туралы түсінік	9
1.2 Болаттарды термомеханикалық өңдеу түрлері	9
1.3 Төмен легірленген аса берік болаттарды термомеханикалық өңдеу	13
1.4 Жіксіз құбырларды редукциялау процесінің ерекшеліктері	20
1.5 13Cr типті болаттан құбырларды дайындау ерекшеліктері	23
2 Сорғы-компрессорлық құбырларды термомеханикалық өңдеу	26
2.1 СКҚ мақсаты, техникалық сипаттамасы	26
2.2 СКҚ құрылысы және қолданылуы	28
2.3 Термомеханикалық өңдеу режимін таңдау	31
3 13Cr болатының термомеханикалық өңдеу кезінде зерттеу	37
3.1 Эксперименттік үлгінің негізгі сипаттамалары	37
3.2 Сығымдау бетін сынау негіздері	37
3.3 Сынақ тәртібі мен шарттарын сипаттау	38
3.4 Төмен легірленген болатты сынауды моделдеу	41
3.5 Кернеу мен қысымды анықтау есептері	43
4 СКҚ беріктікке есептеу	46
4.1 Сақтандыру жүктемесі бойынша беріктігін есептеу	46
5 Термомеханикалық өңдеу процесін моделдеу	50
Қорытынды	56
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	57

КІРІСПЕ

Заманауи машина жасауда машиналардың сапасына және олардың құнына қойылатын талаптар жыл сайын артып барады. Бұл міндет кешенді механикаландыру мен автоматтандыру, жұмыс орындарының санын арттырмай озық технологияларды пайдалану, яғни машина жасауды қарқынды дамыту есебінен шешілуі мүмкін.

Термомеханикалық өңдеу - бұл металдардың құрылымы мен қасиеттерін белгілі бір бағытта өзгерту үшін термиялық өңдеу кезінде металдар мен қорытпалардың құрылымын өзгерту процесі. Термомеханикалық өңдеу металлургиялық және машина жасау зауыттарында термиялық өңдеу технологиялық процестің маңызды бөліктерінің бірі. Машина жасаудағы еңбек өнімділігінің едәуір артуы негізінен термомеханикалық өңдеу жағдайында және өңдеу режимінде құралдардың тұрақтылығын күрт арттыруды талап етеді.

Жұмыстың өзектілігі. Қазіргі уақытта бөлшектердің сенімділігі, беріктігі және арзан болуы өте маңызды. Бөлшектердің сенімділігі негізгі металдағы созылмалы тұтқыр және сынғыш бұзылулардың тежелуіне, сондай-ақ болаттың жақсы дәнекерленуіне негізделген, ол үшін оны легирлеу элементтерінің мөлшері шектеледі.

Соның есебінде мұнай және газ құбырларына дәлдік жағынан да, механикалық қасиеттері жағынан да жоғары талаптар қойылуда. Салынып жатқан және жұмыс істеп тұрған құбыр прокаттау және пресстеу қондырғыларына көрсетілген талаптарға қол жеткізу барлық кезеңдердегі технологияны жетілдіру арқылы жүзеге асырылады. Технологиялық тізбекте қысқарту операциясы соңғы рөл атқармайды, өйткені бұл ыстық өңдеудің соңғы операциясы.

Сонымен қатар, қазіргі заманғы жоғары өнімді инжекторлық қалыптау машиналарының бөлігі ретінде редуциялық илемдеу орнақтарын пайдалану сыртқы диаметрі бойынша да, қабырғасының қалыңдығы бойынша және беріктігін артыруға да прокат құбырларының ауқымын кеңейтуге мүмкіндік береді. Құбырлардың беріктігін айтарлықтай арттыруға илемдеудің жылдамдығы мен деформация режимдерін өзгерту арқылы қол жеткізіледі, бұл процесті құбырлардың аралық кернеулерімен жүргізуге мүмкіндік береді, және де бұл құбырлардың дәлдігін арттыруға ықпал етеді, бірақ сонымен бірге уақыт қалыңдатылған ұштардың пайда болуына байланысты металды тұтынудың ұлғаюына әкеледі.

Сондай-ақ құбырлардың механикалық қасиеттерінің кешенін қамтамасыз ету үшін әртүрлі технологиялық әдістер қолданылады: болаттарды қосымша легирлеу немесе арнайы термиялық өңдеу режимдері. ТРА желісінде редуциялық илемдеу орнақтарының болуы металл деформациясын (белгілі бір дәрежеде, деформация жылдамдығы мен температурасында) термиялық өңдеумен біріктіруге, яғни термомеханикалық өңдеудің (ТМ) бір түрін жүргізуге мүмкіндік береді: жоғары температуралық термомеханикалық өңдеу (ЖТТӨ). ЖТТӨ пайдалану термиялық өңдеу

режимдерін жеңілдету және қосымша легірлеуді жою арқылы өндеу шығындарын азайтады.

Ұсынылған жұмыстың мақсаты: төмен легірленген болаттарды термомеханикалық өндеу процесін сорғы-компрессорлық құбырлардың өндірісінде және де мұнай-газ саласында қолдану мүмкіндігін кеңейту мен артықшылықтарын зерттеу. Зерттеу бойынша мынандай негізгі мақсат қойылды:

- легирлеу және термомеханикалық өндеудің болаттардың құрылымын, механикалық және коррозиялық қасиеттерін қалыптастыруға әсерін зерттеу.
- пайдалану жағдайларына байланысты сорғы-компрессорлық құбырларды өндіру үшін 13Cr негізінде төмен қоспаланған болаттарды термомеханикалық өндеудің құрамдары мен режимдерін әзірлеу.
- жоғары температуралы термомеханикалық өндеу режимдерінің болаттардың механикалық қасиеттерінің кешеніне әсерін анықтау.
- Термомеханикалық өндеуді модельдеу

Нәтижелер, диссертацияда негізгі ережелер мен тұжырымдардың сенімділігі теориялық ережелерді негізінде орындалды. Болаттардың механикалық қасиеттерін зерттеудің заманауи әдістерін қолдана отырып, өнеркәсіптерге сай термомеханикалық өндеу режимдері есептелді.

Жұмыстың апробациясы: ұсынылған жұмыс бойынша Сәтбаев Университетінің «Сәтбаев оқулары-2021» журналында ғылыми мақала жарияланған.

Тәжірибелік құндылығы: есептеулер нәтижесінде термомеханикалық өндеудің арқасында металл шығынын азайта отырып сәйкесінше беріктігін артыруға болатындығы және бұл өндеудің артықшылығы көрсетілген.

Жұмыстың көлемі: жалпы жұмыстың көлемі 57 беттен құралған. Ал негізгі зерттеу жұмысының көлемі 50 бетті құрайды.

1 Болаттарды термомеханикалық өңдеу

1.1 Термомеханикалық өңдеу туралы түсінік

Термомеханикалық өңдеу (ТМ) - термиялық өңдеудің бір түрі, ол пластикалық деформация мен термиялық өңдеудің, яғни беріктендіру мен шынықтырудың үйлесімінен тұрады. ТМ материалдардың құрылымы мен қасиеттерінің өзгеруіне әсер етуден тұратын қатайтатын өңдеу процесінің аралас түрлерінің бірі болып табылады. Маңызды аспект-термиялық өңдеу мен пластикалық деформацияның біркелкілігі. Пластикалық деформация жылу әсерінен фазалық ауысулар құрылымының қалыптасуына әсер етеді. Жоғарыда айтылғандай, пластикалық деформация термиялық өңдеу кезінде жүргізілуі керек. Мысалы, егер сіз алдымен өңдеуді, содан кейін термиялық өңдеуді жүргізсеңіз, онда ол қажетті нәтиже бермейді. ТМ-де пластикалық деформация және термиялық өңдеу процестері бір операцияға біріктірілуі мүмкін және әр уақытта, мысалы, бірнеше күндік үзіліспен жүзеге асырылуы мүмкін. Осы кезеңде жоғары тығыздық жағдайында фазалық ауысудың пластикалық деформациясынан туындаған торлы ақаулар маңызды. Қазіргі уақытта өнеркәсіпте қартаю немесе полиморфты өзгерістер кезінде қорытпаның құрылымын қалыптастыруға шешуші әсер ететін пластикалық деформацияны қамтитын әртүрлі ТМ схемалары қолданылады. ТМ-бұл қорытпаларды қатайтудың ең озық технологиясы. Ол болатқа 3100 МПа дейін беріктік береді, бұл әдеттегі термиялық өңдеуден немесе легірлеуден әлдеқайда көп. Пластикалық деформацияның фазалық ауысулармен үйлесуі 20 ғасырдың басында болат өндіру процесін патенттеудің арқасында алғашқы тәжірибе жүзеге асырылды. Пластикалық деформация мен термиялық өңдеудің біріктірілген әсерін өзінің технологиялық схемасына сәйкес қолдану жоғары механикалық қасиеттерге әкелді, олардың қатаюын басқа әдістермен алу мүмкін емес. 20 ғасырдың 30-жылдарында бериллий қоласын қатайту кезінде ТМ-нің басқа схемасы қолданылды: қатаю, суық деформация, шынықтыру; мұндай өңдеу қорытпаның механикалық қасиеттерінің едәуір жақсаруын қамтамасыз етті. ТМ енгізу болаттың шығынын азайтуға, сонымен бірге олардың қимасының, өндірістегі қосалқы бөлшектердің құнын төмендетуге әкеледі. Машина жасау бөлшектері үшін ТМ-ны дамытудың екі жолы бар: бөлшектерді тікелей өндіріс процесінде термомеханикалық беріктендіруді және жартылай фабрикаттарды термомеханикалық беріктендіруді ұйымдастыру арқылы, яғни машина жасау зауыттарында соғу, штамптау немесе термиялық өңдеу. Қазіргі уақытта ТМ дайындама дайындау сатысында жиі қолданылады [1].

1.2 Болаттарды термомеханикалық өңдеу түрлері

Дайын құбырлардың геометриялық сипаттамасынан басқа, олардың сапасын анықтайтын маңызды фактор физика-механикалық қасиеттер кешені

болып табылады. Сорғы-компрессорлық құбырлар жұмыс температурасы - 60-тан 200° С-қа дейінгі аралықта, ауыспалы жүктемелер кезінде, сондай-ақ агрессивті ортада пайдаланылады. Осыған байланысты құбыр металы жоғары беріктік пен икемділікке, шаршау мен сынуға қарсы тұруы керек бұзылуына, ал көп жағдайда жоғары коррозиялық төзімділікпен.

13Cr типті болаттың қасиеттері құбырларды осындай қолайсыз жағдайларда пайдалануға мүмкіндік береді. 13Cr типті болаттан жасалған шегендеу және сорғы-компрессорлық құбырларға қойылатын талаптар API 5CT стандартымен реттеледі. ТМД кәсіпорындары бұл өнімді техникалық шарттарға сәйкес шығарады. ТШ деректеріне сәйкес сорғы-компрессорлық құбырлардың химиялық құрамына қойылатын талаптар 1-кестеде келтірілген.

Болат 20x13 L80 және C95 беріктік топтарына қойылатын талаптарды қанағаттандыратын механикалық қасиеттерге ие. Алайда, суыққа төзімді өнімділікті қамтамасыз ету бірқатар кемшіліктерге байланысты қиын: теріс температурада сынғыш бұзылуға бейімділік; күкіртсутектің парциалды қысымы 10-2 МПа және одан жоғары болған кезде күкіртсутектің кернеулі крекингіне (СРН) төзімділік күрт төмендейді. Жоғары беріктік топтарының құбырларын алу супер-13cr типті Болат маркаларын қолдану есебінен мүмкін болады [38].

1.1 Кесте – ТШ-ға сәйкес СКҚ дайындауға арналған болаттардың химиялық құрамы

Беріктік тобы, Климаттық орындау түрі	Элементтердің массалық үлесі, %										
	C	Mn		Cr		Ni	Cu	P	S	Si	Mo
	макс	мин	макс	мин	макс	артық емес					
L80 тип 13Cr C95 тип 13Cr	0,22	0,25	1	12	14	2,5	0,25	0,02	0,1	1	–
L80 тип 13CrS C95 тип 13CrS P110 тип 13CrS	0,18	–	1	12	14	5,3	–	0,02	0,1	0,5	2
C95 тип 13CrSLP110 тип 13CrSL	0,12	–	1	12	14	6,5	–	0,02	0,1	0,5	2

Супер 13Cr типті болаттар элементтермен қосымша допинг арқылы алынады: никель, молибден, марганец және басқалар. Қосымша допинг Астықты ұнтақтау, енгізу мен ауыстырудың қатты ерітінділерінің пайда болуына және кальцийленудің өзгеруіне байланысты ферритті нығайту мақсатында жүзеге асырылады. Бұл құймалардың өзіндік құнының күрт өсуіне және нәтижесінде дайын өнімнің өзіндік құнының өсуіне әкеледі. Физикалық - механикалық қасиеттерді әртүрлі дәрежеде жақсартуға: модификациялау,

изотермиялық сөндіру, термомеханикалық және термиялық өңдеуді біріктіру, аралас термиялық өңдеу және т. б. арқылы қол жеткізуге болады.

Болатты термомеханикалық өңдеу (ТМ) ерекше қызығушылық тудырады. Бұл термиялық өңдеумен пластикалық өңдеудің жиынтығы және болаттың сипаттамаларын жақсартуға мүмкіндік береді. ТӨ-ның көптеген түрлері бар, ең танымал екеуін бөліп көрсету керек:

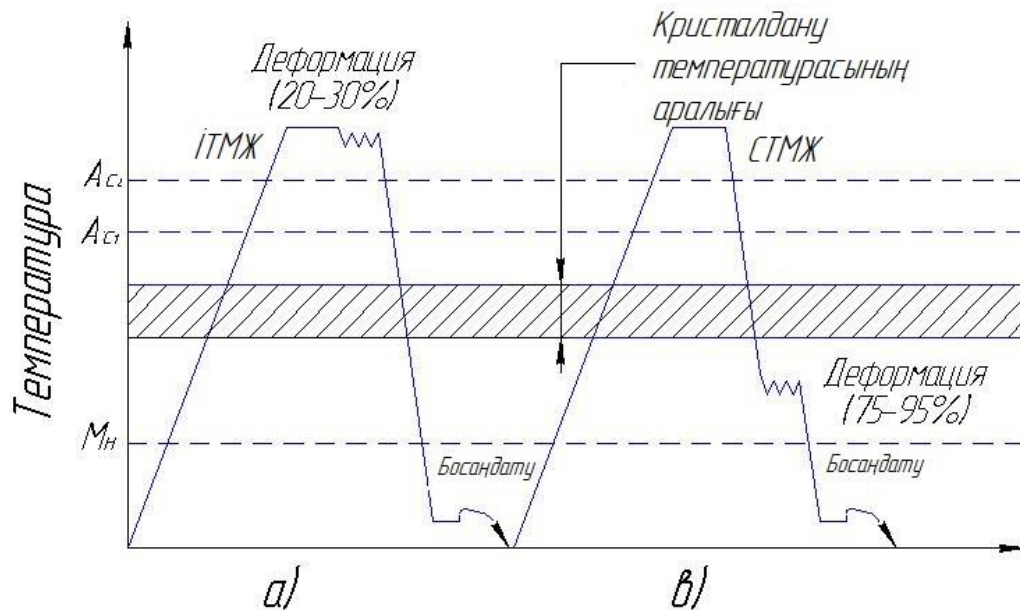
1. Төмен температуралы термомеханикалық өңдеу (ТТТӨ). Бұл жағдайда Болат аустениттік күйге дейін қызады, содан кейін қайта кристалдану температурасынан төмен салқындатылады, бірақ мартенситтік түрлендірудің басталу температурасынан жоғары, аустениттік құрылым әлі де осы аралықта сақталады. Содан кейін болаттың деформациясы жасалады, бұл аустениттің жабысуын тудырады, ал қайта кристалдану процесі бұл жағдайда болмайды. Содан кейін қатаю жүзеге асырылады, нәтижесінде мартенсит пайда болады, ол дислокацияны мұра етеді, демек деформация кезінде алынған қатаю. Деформацияны жүзеге асыру температурасының тар аралығына байланысты технологиялық тұрғыдан ТТТӨ-ны жүзеге асыру қиын;

2. Жоғары температуралы термомеханикалық өңдеу (ЖТТӨ) аустениттің ыстық пластикалық деформациясын біріктіріп, содан кейін мартенситке беріктендіруден тұрады. Бұл жағдайда қатайту тек мартенситтік құрылымды алу үшін ғана емес, сонымен қатар ыстық деформацияланған аустениттің қайта кристалдануының дамуын қоспағанда жүзеге асырылады. ЖТТӨ-дағы соңғы операция-бұл демалыс. ЖТТӨ қолдану көптеген болаттардың беріктік қасиеттерінің жоғарылауын қамтамасыз етеді және, ең бастысы, мұндай өңдеу кезінде бір уақытта икемділік, тұтқырлық және сынғыш сынуға төзімділік сипаттамаларын жоғары деңгейде сақтауға немесе тіпті оларды көбейтуге болады. Бұл өңдеудің ерекшелігі, ол интеркристаллиттік сынғыштықтың көптеген түрлерінің дамуын тиімді әлсіретеді [40].

Сонымен, ЖТТӨ және жылу бөлгіш желілерінде берілген беріктік тобының сорғы-компрессорлық құбырлары және болаттың көміртекті және қоспаланған маркаларынан (20, 35, 32Г2 және т.б.) муфталық дайындамалар алынады. ЖТТӨ -дан кейінгі металл қасиеттерінің деңгейі жоғары. Мәндердің таралуы бүкіл балқыту кезінде минималды, бұл тұтынушылық қасиеттерге қойылатын талаптарға байланысты демалысты немесе жылы деформацияны кең ауқымда пайдалануға мүмкіндік береді. Зерттеулерде көрсетілгендей, ЖТТӨ жоғары хромды болатқа беріктік қасиеттерінің салыстырмалы түрде аздап жоғарылауын қамтамасыз етеді және оның соққы тұтқырлығын айтарлықтай арттырады.

Ыстық деформация кезінде екі бәсекелес процесс жүреді: қатайту және қатайту. Ажырату динамикалық қайтару және динамикалық қайта кристалдану процестеріне байланысты, қатайту кристалдық тордың жаңа ақауларының пайда болуына, әсіресе дислокацияға байланысты. Ыстық деформация кезінде материалдың мінез - құлқының ерекшеліктерін талдау үшін кернеу-деформация координаттарында салынған деформация

диаграммалары қолданылады, бұл деформацияланатын материалда болатын процестерді бағалауға мүмкіндік береді.



1.1 Сурет – Термомеханикалық өңдеу түрлері

Жалпы жағдайда болатты ыстықтай өңдеу аяқталғаннан кейін кернеулер, температура және деформация жылдамдығының шамаларымен, сондай-ақ кейінгі деформация ұстамаларымен анықталатын деформация жағдайларына байланысты металдың микроқұрылымы мынадай болуы мүмкін [19]:

1) Дислокацияның реттелмеген таралуымен ыстық жабысудың жай-күйі, кейінгі қатаю кезінде сынғыштыққа төзімділікті төмендету кезінде беріктіктің жоғарылауы байқалады;

2) Жұмсарту (беріктіктің төмендеуі) орын алып, иілгіштік, тұтқырлық, сондай-ақ сынғыш бұзылуға төзімділік жоғарылаған кезде динамикалық қайтару нәтижесінде субструктураның пайда болуының басталуына сәйкес келетін жағдай, бұл ретте ыстық жабысқақтық күйі ішінара сақталуы мүмкін;

3) Динамикалық полигонизация нәтижесінде пайда болатын мінсіз және тұрақты құрылым, табиғаты механикалық қасиеттердің ең жоғары кешенін анықтайды, беріктендірумен қатар, олардың шоғырлану орындарындағы кернеулерді босаңсыту үшін алғышарттар жасалады, бұл мерзімінен бұрын сынғыш бұзылу қаупін азайтады;

4) Динамикалық қайта кристалдану жағдайы, қатты ыстық жабысу кезінде жұмсартуды анықтайды.

Микроқұрылымның бұл түрлері қатаю кезінде мартенситтік түрлену кезінде тұқым қуалайды. ЖТТӨ жүзеге асыру кезіндегі ыстық деформация режимдері динамикалық полигонизация нәтижесінде дамыған субқұрылымды алуды қамтамасыз етуі тиіс. Сонымен қатар, мартенситтегі дислокацияның тығыздығы артып қана қоймайды, сонымен қатар мартенсит кристалдары да

ұсақталады. Дәл осы жағдайда ЖТТӨ кезінде сынғыштыққа жоғары төзімділік пен жоғары төзімділік қасиеттерінің тұрақты кешені алынады [20]. ЖТТӨ жүзеге асыру кезінде пайда болатын құрылымның маңызды ерекшелігі-астық шекаралары бойымен берілістің болуымен көрінетін астық шекараларының бұрмалануы. Тістенудің болуы құрылымдық кемшіліктердің біркелкі бөлінбеуіне байланысты біркелкі емес (көші-қон) үлкен бұрыштық шекаралардың көші-қонына байланысты.

Материалдың өзінен басқа (оның химиялық құрамы, оның құрылымында дисперсті секрециялардың болуы және т.б.) беріктендіру - катаяту процестерінің жүруіне жылдамдық, дәреже және деформация температурасы сияқты параметрлер әсер ететінін есте ұстаған жөн. Сондықтан бұл деформация параметрлері ЖТТӨ режимін тағайындау кезінде маңызды.

Деформацияның жоғары температурасы, дәрежесі және жылдамдығы ақпараттаралық үзілістер кезінде динамикалық және статикалық қайта кристалдану процестерінің дамуына әкелуі мүмкін. Төмен температурада динамикалық қайтару процесі қиын, деформацияның төмен дәрежелерінде қатаю процесі де нашар жүреді, ал деформация жылдамдығы төмен болған кезде тозу процестері басым бола бастайды.

Көптеген орташа қоспаланған болаттар үшін ЖТТӨ жүзеге асыру параметрлерінің ұсынылатын диапазоны мынадай: температура – 800 – ден 900 °С – қа дейін; деформация дәрежесі-20-дан 50% - ға дейін; деформация жылдамдығы-1-ден 10 с-1-ге дейін.

ЖТТӨ-де болаттың ең үлкен қатаюы төмен температурада байқалады, бұл жағдайда дислокацияның жоғары тығыздығы сақталады және әдеттегі термиялық өңдеуге қарағанда көп мөлшерде және көп дисперсті карбид бөлшектері шығарылуы мүмкін.

Термомеханикалық беріктендірудің әсері температураның жоғарылауымен төмендейді, бірақ легирленген болаттарда ол айтарлықтай және жоғары күйде сақталуы мүмкін.

Құбырлардың ыстық пластикалық деформациясының соңғы операциясы редукция болып табылады. ЖТТӨ енгізу тұрғысынан алғанда, ЖТТӨ енгізу үшін ең сәтті орын редукциялық диірмен болып табылады, өйткені қалпына келтіру кезінде деформациялық сипаттамалар ұсынылғанға сәйкес келеді. Атап айтқанда, сыртқы диаметрі 73 мм және қабырғасының қалыңдығы 5,5 мм құбырлар өндірісінде деформацияның жалпы дәрежесі 57,6%, деформация жылдамдығы 1-ден 2,5 с аралығында, ал температура диірменнің шығысындағы құбырдың температурасы 870-ден 930 ° С-қа дейін [25].

1.2 Төмен легирленген аса берік болаттарды термомеханикалық өңдеу

Төмен легирленген жоғары берік болаттар (HSLA болаттары, ТЛЖБ) құрамында микроқорытпа элементтері бар V, Nb, Ti. Олар дәннің өсуін тоқтатып, аустениттің қайта кристалдануын бәсеңдетуі мүмкін. Мұндай

болаттар бірқатар қасиеттерге ие: беріктік, қаттылық, иілгіштік және дәнекерлеу. Сондықтан қасиеттердің жақсаруы ТӨ және легирлеуші элементтердің комбинациясы себеп болды. Мортқа төзімділік ең маңызды қасиеттердің бірі болып табылады. Мұнда ферритті-перлиттік болаттарда бұл қасиет ферриттің соңғы түйіршік өлшемімен анықталады. Бірақ толық акцикулярлы немесе бейнитті болаттарда бұл аустенит түйірінің өлшемімен анықталады [4].

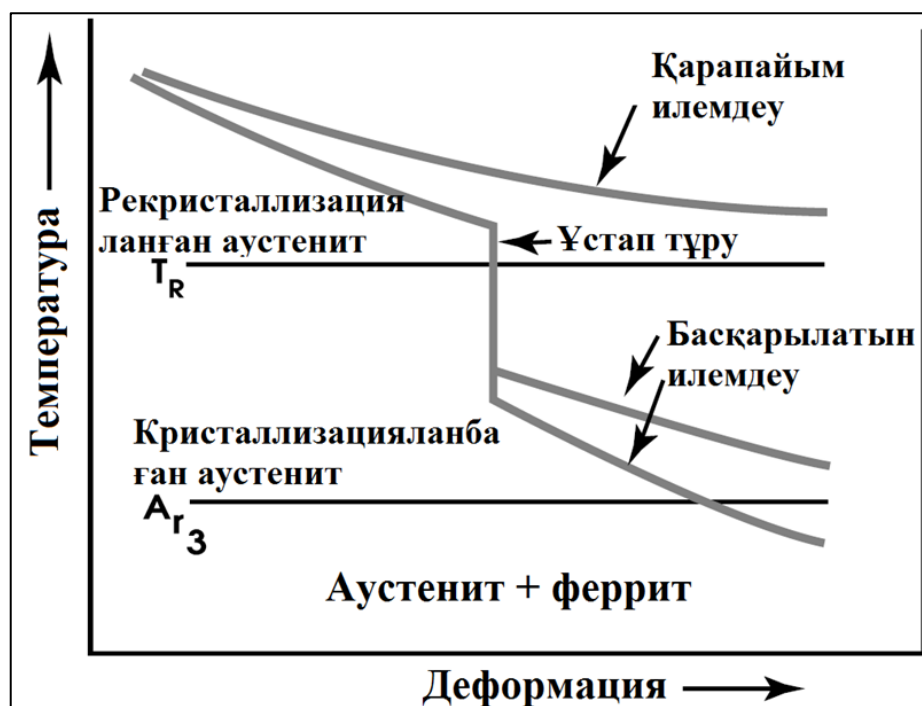
Көптеген ғылыми мақалаларда көрсетілгендей, бақыланатын илемдеу (БИ) жиі жылдам салқындатумен (ЖС) бірге жүреді. Осылайша, бұл процестердің аралас әдістері термотехникалық басқарылатын өңдеудің (ТӨ) дамуына әкелді. «Жылдам салқындату» термині ыстық металдың жылдам салқындатылуын білдіреді (салқындату жылдамдығы $\sim 10^{\circ}\text{C}/\text{с}$). Бұл ферриттің конверсиясына байланысты 500°C - 750°C температура диапазонында орын алады. Мұнда салқындату 550°C -тан 600°C -қа дейін суды салқындату арқылы жүзеге асырылады, содан кейін ақылы түрде ауаны салқындату. Қарқынды салқындату бақыланатын илемдеуден кейін пайда болады, сонымен қатар микроқұрылымның кейінгі фрагментациясына әсер етеді. Тәжірибеде ЖС қалыңдық диапазонында пластиналардың қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік береді [34].

Бақыланатын илемдеу парақтың беріктігін, сондай-ақ оның соққыға төзімділігін арттырады. Бұл процесс микролегіріленген көміртекті болаттарға арналған.

Негізінде, ТӨ өңдеудің 3 негізгі сатысынан тұрады: қыздыру, ыстық илемдеу және салқындату. Алдын ала қыздырудың, бастапқы және соңғы прокаттың әртүрлі температураларында әдеттегі ыстық илемдеуден (НРС) айтарлықтай ерекшеленеді. Мұнда соңғы параметрлер TMS-ке қарағанда әлдеқайда жоғары. Сонымен қатар, ТМ салқындату процедурасы оны жылдам айналдырғаннан кейін СРІ салыстырғанда салқындату жылдамдығымен ерекшеленеді.

Бақыланатын илемдеудің пайда болуымен прокаттау кезінде микроқұрылымның дамуын бақылау басты мақсат болып табылады. Бұған кристалданбаған аустенит аймағында қол жеткізілді. Бұл ферриттің ұсақ түйіршіктерінің пайда болуына әкелді. Басқарылатын прокаттың кейінгі дамуы БИ басқа түрінің дамуына әкелді. Бұл қайта рекристалдандырылған басқарылатын илемдеу (КБИ). Ол процестің негізгі түйіні бастапқы және соңғы прокат аустенитінің қайта кристалдануы орын алатын температурадан жоғары болғанда жұмыс істейді. Сондықтан ферриттің ұсақ түйіршіктері ұсақ аустенит түйірлерінің түрленуіне байланысты түзіледі [4].

ҚЫИ және БИ әдістерінің айырмашылығы көрсетілген (1.5-сурет). Әлбетте, ҚЫИ жұмыс температурасы БИ температурасынан әлдеқайда жоғары.



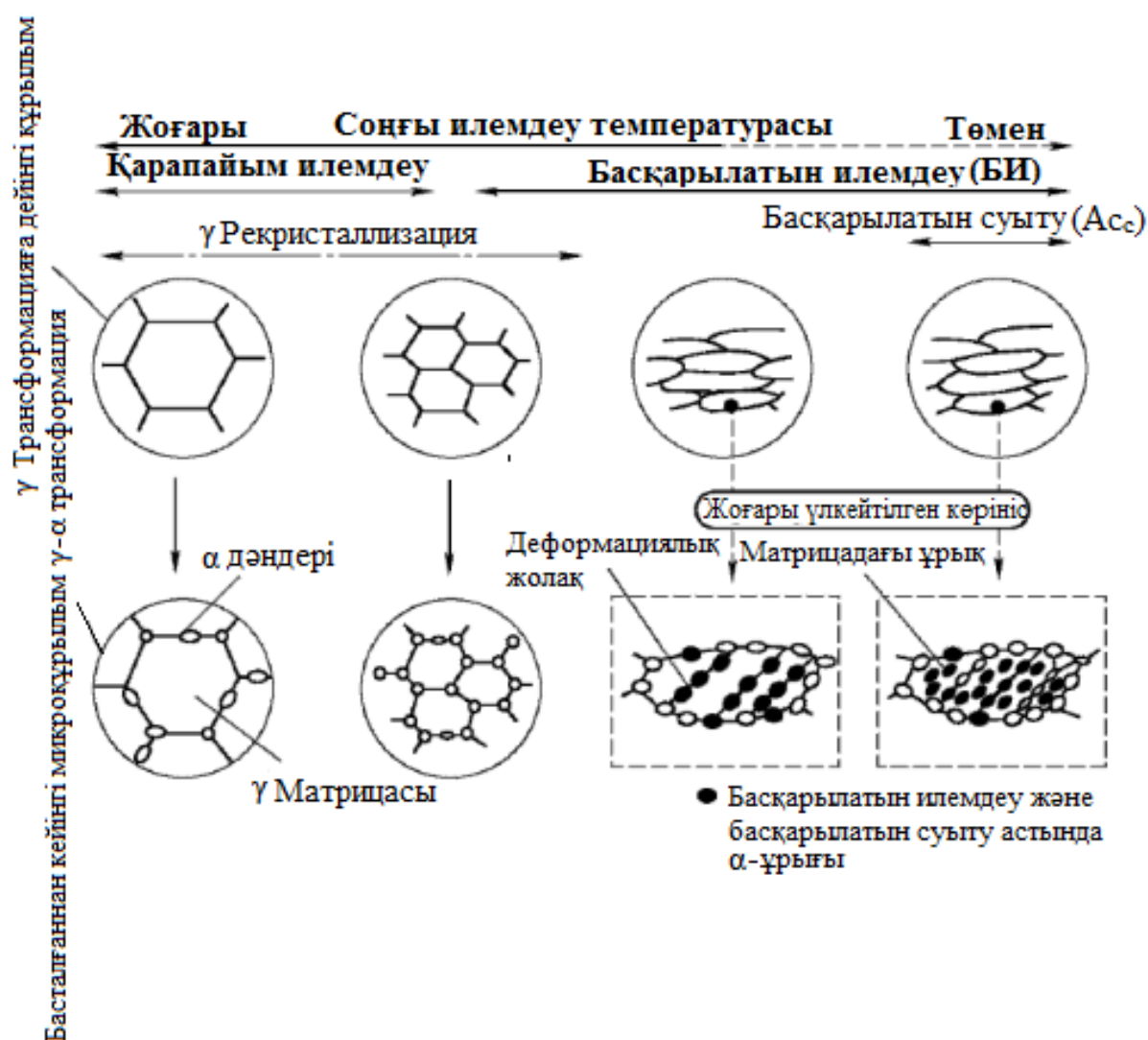
1.2 Сурет – Қарапайым және басқарылатын илемдеу арасындағы айырмашылықтың сұлбасы.

Қарапайым және басқарылатын илемдеу кезінде аустенит пен ферриттің микроқұрылымдық дамуы көрсетілген (3-сурет). Мұнда бақыланатын илемдеу мен бақыланатын салқындату үйлесімі термомеханикалық басқарылатын илемдеу процесінің (БИП) дамуына әкелді.

Басқарылатын илемдеудің екі негізгі түрін ажыратпас бұрын, ТМӨ есебінен микроқұрылымның дамуының мәнін анықтау қажет. Металлдың көп өтпелі деформацияларына қатаю және жұмсарту процестері әсер етеді. Бір уақытта екі процесс жүреді. Бұл процестерге бес қосалқы процесс кіреді (1.6-сурет): тұрақтылық, динамикалық қалпына келтіру, динамикалық қайта кристалдану, статикалық қалпына келтіру және статикалық қайта кристалдану.

Әдетте, төмен легирленген жоғары берік болаттарды (ТЛЖБ) өндіру оларды аустениттік аймаққа дейін қыздырудан басталады. Содан кейін бастапқы өңдеу кезінде әрбір орамнан кейінгі қатаю толық жұмсартумен бірге жүреді. Бұл төмендеу немесе қайта кристалданумен байланысты. Сондықтан төзімділік төмен деформация температурасында айқын әсер етеді.

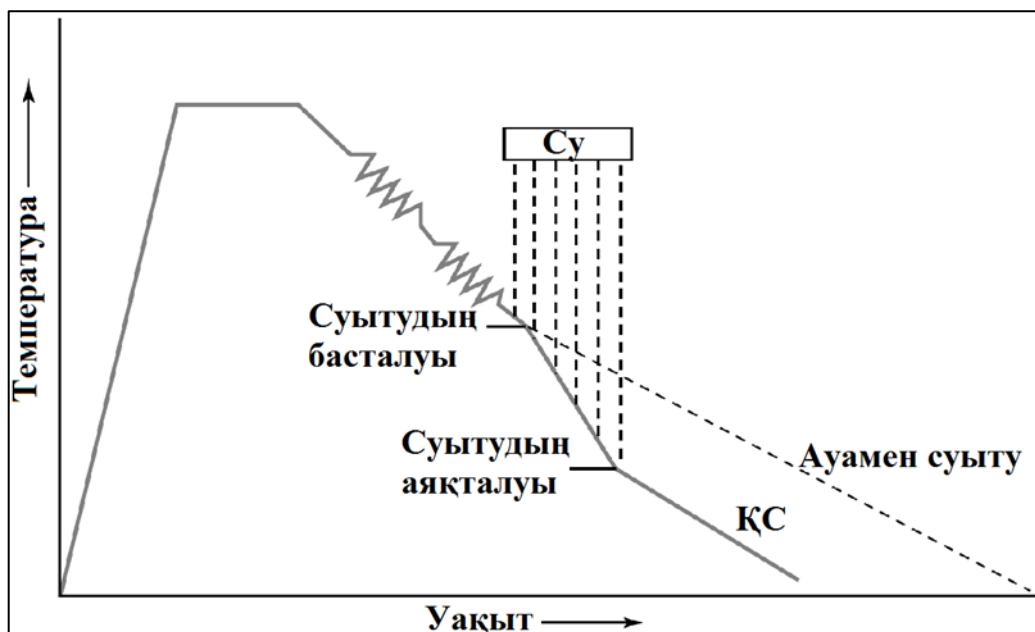
Термомеханикалық өңдеу соңғы прокаттан кейін салқындатуды қажет етеді. Микроқұрылымға қол жеткізу оның практикалық маңызын талап етеді. Енді деформацияланған металды суытудың бірнеше жолы бар: сумен және ауамен салқындату. Дегенмен, қарқынды салқындату ТМ негізгі құралы болып табылады. Бұл астықтың ұнтақталуы мен өнімділігін арттырады. Бұл процесс басқарылатын салқындату циклі болып табылады. Яғни, 750°C - 850°C температура диапазонында соңғы деформациядан кейін бірден сумен салқындатуға болады, содан кейін ауамен салқындатуға болады (1.7-сурет).



1.3 Сурет - Қарапайым және басқарылатын илемдеу кезінде аустенит пен ферриттің микрoқұрылымдық дамуы.

Жылдам салқындатудың негізгі артықшылығы - салқындату арқылы трансформация температурасын төмендету арқылы жұқа ацикулярлы ферриттерді қалыптастыру мүмкіндігі. Нәтижесінде бұл жағдай кристалдану ошақтарының қалыптасу жылдамдығын арттырады және бұл ошақтардың өсуін баяулатады.

Бірқатар зерттеулерге сәйкес, феррит түйіршіктері төмен легирленген жоғары берік болаттардағы салқындату жылдамдығының жоғарылауымен айтарлықтай ұсақталады. Трансформация температурасын төмендетеді. Сонымен қатар, қарқынды салқындату шөгінділерді жоюы мүмкін (мысалы, V, Nb, Ti [C, N]). Бұл төмен легирленген жоғары берік болаттардың механикалық қасиеттерін жақсартады.



1.4 Сурет – Қарқынды суытудың сұлбасы

Өңдеу кезінде ТЛЖБ болаттарының механикалық қасиеттеріне әсер ететін бірнеше легирлеуші элементтер бар. Көміртек белгілі болаттардың негізгі құрамдас бөлігі болып табылады. Пісіру қасиеттерінің жақсаруына байланысты көміртегі мөлшері салыстырмалы түрде төмен (0,1-0,2% С). ТЛЖБ болаттарында легирлеуші элементтердің екі түрі ажыратылады: 1) қатты қатты ерітінділер (Mn, Ni, Cr және т.б. - алмастыру атомдары; С және N - ену атомдары), 2) карбидті-нитридті компоненттер (V, Ti, Nb) және В). Болаттағы басқа элементтер зиянды қоспалар болып саналады (S, P, Ca).

Марганец ТЛЖБ болаттардың қаттылығы мен беріктігін жақсартады. Ол критикалық салқындату жылдамдығын төмендетуге мүмкіндік береді. Марганецтің салыстырмалы түрде жоғары болуы аустениттің ферритке айналу температурасын бәсеңдетеді және ұсақ түйіршіктердің пайда болуына әкеледі.

Никель төмен температурада ТЛЖБ болаттарының беріктігін арттыруға ықпал етеді. Ол критикалық температураны төмендетеді және тиімді сөндіру және шынықтыру үшін үлкенірек температура диапазонына мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ол аустениттің ыдырауын тоқтатады және карбидтердің пайда болуына сезімтал емес. Бұл аустениттің қайта кристалдануға дейін қыздырылуына байланысты.

Хром болаттың беріктігі мен тозуға төзімділігін арттыратын негізгі құрамдастардың бірі болып табылады. Ол жоғары температурада тұрақты карбидтер түзе алады. Ол жоғары температурада қолданылуына байланысты болаттарда тиімді.

Алюминий дәнді тазарту үшін легирлеуші элемент ретінде кеңінен қолданылады. Нәтижесінде материалдың беріктігі жоғарылайды және ауысу температурасының (ИТТ) әсері төмендейді.

Бірақ ТЛЖБ болаттарда ванадий, ниобий, титан және бор сияқты микролегирлеуші элементтерге аса қызығушылық танытады. Олардың осы

болаттарда толықтай мөлшері 0.1% аспайды. Олардың көбісі карбидтер мен нитридтерді құрайды, ол дәндердің ұлғаюын тоқтатады. Бұл элементтер ТӨ кезінде критикалық температураға әсерін тигізеді (T_{GC} – дәндердің ұлғаю температурасы, T_{RXN} – рекристаллизация температурасы, және трансформация температурасы). Микролегірілеуші элементтерді қосудың келесі себебі қысу күштерін туғызу арқылы дән өлшемінің өсуінен қорғау. Нәтижесінде дән ұлғаюын тоқтату арқылы дән ұсақтығының беріктігіне әкеледі. Сондықтан жоғары беріктікті табактарға тұтқырлық өте маңызды қасиет, ал жоғары беріктікті тілкемдерге беріктік тұтқырлыққа қарағанда маңыздырақ болып табылады.

Ванадий ТЛЖБ болаттарында беріктеуші микролегірілеуші элемент ретінде қарастырылады. Мысалы мойынтіректерде қолданылмайтын болаттарда беріктік ескіруден және феррит дәндерінің ұсақталуынан жоғарылайды. Ванадийдің нитридтері мен карбидтері феррит дәндерінің шектеріне тұнады және аса беріктіктің пайда болуына әкеледі.

Ниобий рекристаллизацияны тоқтататын ультра ұсақ деформацияның салдарынан пайда болған тұнбаларды құрады. Бірақ ниобий карбиді мен нитридті бөлшектері жоғары температураларда ериді, олар жоғары температураларда дәндердің өсуінен қорғай алмайды. Сондықтан олар өңдеудің соңғы кезеңдерінде аса маңызды болады.

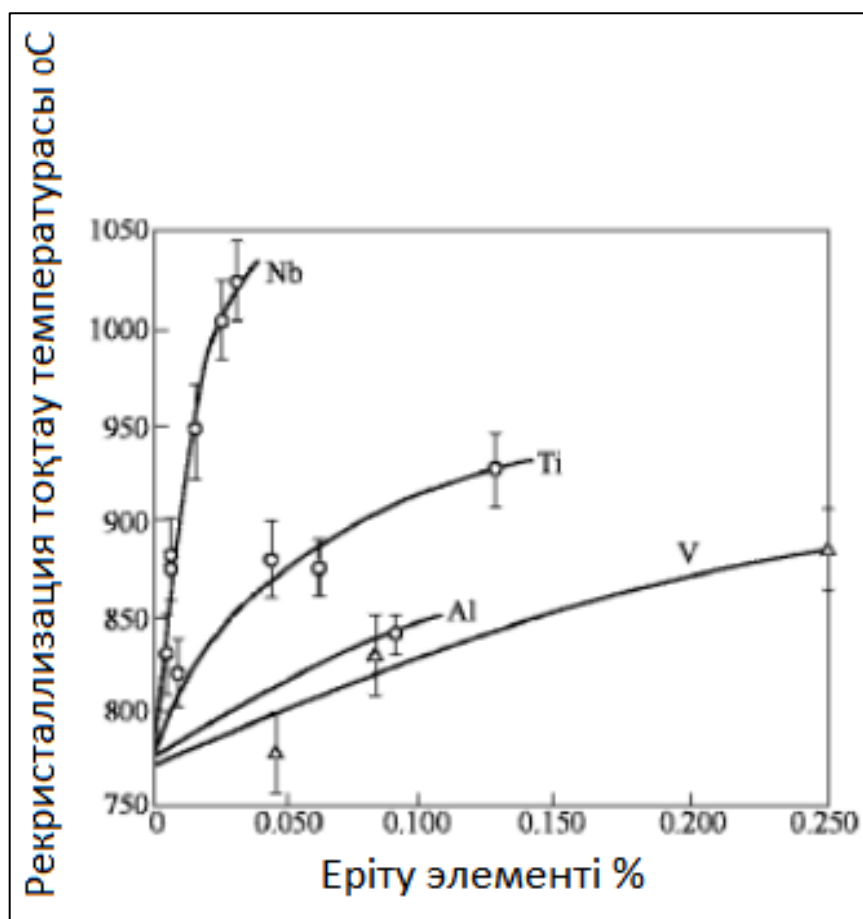
Титан нитридтері жоғары температурада тұрақтылығын көрсетеді және өңдеудің және қыздырудың бастапқы кезеңдерінде дәннің өсуін тоқтату құралы ретінде қолданылады. Дегенмен, титан карбиді жоғары температурада еруі мүмкін, ал төмен температурада ол салыстырмалы түрде жоғары қаныққан болады. Сондықтан деформациядан ол бөлшектерді құрайды, бұл қайта кристалдануды айтарлықтай баяулатады.

Бор аз мөлшерде (0,0005% В) ТЛЖБ -ға қосу арқылы оның күшін арттырады. Бұл жағдайда көміртегі мөлшері бордың мөлшерімен салыстырғанда мүмкіндігінше аз болуы керек. Микроқорытылған элемент ретінде бораның тағы бір тән ерекшелігі - ол ферриттің беріктігіне әсер етпейді. Осылайша, ол жақсы өңдеу қабілетін көрсетеді. Борасты нығайтқыш микро-легант элементі ретінде пайдаланудың тиімділігі оның басқа элементтермен (Ni, Mo) салыстырғанда төмен құнына байланысты.

Алюминий көбінесе төмендеткіш ретінде және дәннің өсуін бақылау үшін қолданылады. Ол нитрит (AlN) бөлшектерін түзеді, бұл g-b-ге ауысқанда ұсақ феррит түйірлерінің түзілуіне мүмкіндік береді.

Қайта кристалдану температурасына әсер ететін әртүрлі микролегирленген элементтер арасындағы алшақтық төмендегі суретте көрсетілген. Мұнда микроқорытпа элементтерінің карбидтері мен нитридтеріне байланысты ол қайта кристалданудың қозғаушы күші болып табылатын астық шекараларының рұқсатынан әлдеқайда жоғары. Сондықтан бұл қайта кристалдану температурасының жоғарылауына әкеледі ($T_5\%$).

$T_5\%$ -ке ең жоғары әсерін ниобий көрсетеді, ал ванадий айтарлықтай төмен әсерімен ерекшеленеді. (сурет-1.8)



1.5 Сурет – Болат 0.07C-0.225Si-1.40Mn микролегірлеуші элементтердің құрамына байланысты рекристаллизацияны тоқтату температурасына әсері

Қазіргі уақытта ТӨ аралық критикалық өңдеу немесе жылы өңдеу ретінде қабылданады. Феррит + аустенит (b + d) аймағындағы аралық критикалық өңдеу (АКТ) Ar3 температура диапазонынан сәл жоғары және Ae3 температурасынан төмен (d - b түрлендіруінің тепе-теңдік температурасы). Түрлі маркалы болаттарды термомеханикалық өңдеудің аралық критикалық учаскелеріне көптеген зерттеулер жүргізілді. Шеффилд университетінде төмен көміртекті төмен көміртекті болаттар зерттелген. Зерттеудің негізгі мақсаты әртүрлі илемдеу әдістерін қолдану кезінде беріктікті арттыру болып табылады [15].

Төмен көміртекті болаттарды аралық критикалық өңдеу кезінде пластикалық ағын кернеуін модельдеу және жылы илемдеуден кейін C-Mn болаттарының микроқұрылымы мен текстурасын дамыту. Боден және оның шәкірттері оқыды. Мұнда олар соңғы элементтер әдісі (FEM) мен микроқұрылымның дамуын болжауға арналған қоспа ережесі арасындағы айырмашылықты көрсетті. Мұнда қосу ережесін микроқұрылым немесе түйір өлшемі деңгейінде қолдануға болмайтыны көрсетілген. Төмен легирленген жоғары берік болаттарды (13Cr) аралық сыни өңдеудің ағындық және әсер ету қасиеттеріне әсерін Адем Баккалоглу зерттеді. Сонымен қатар, бұрынғы кеңестік дәуірде Бернштейн М.Л. ТМ-ның теориялық және практикалық

негіздеріне қосқан үлесін атап өту керек. ТМД-дағы тағы бір маңызды өңдеу әдістерінің бірі - өте ұсақ түйіршікті болаттарды өндіру.

Бір жағынан, жылы илемдеудің артықшылығы ыстық илемдеу температурасынан төмен. Нәтижесінде энергия шығыны аз, ал екінші жағынан болат өте ұсақ түйіршікті құрылымы бар дайын өнім ретінде өндіріледі [4].

1.4 Жіксіз құбырларды редукциялау процесінің ерекшеліктері

Өткен ғасырдың ортасында редукциялық прокаттық орнақтарды отандық және шетелдік құбыр өндірісінде кеңінен дамыды. Қазіргі уақытта инжекторлық қалыптау машиналарының көпшілігі редукциялық диірмендермен жабдықталған, негізінен стендтер арасындағы бос орындарда құбырлардың тартылуымен жұмыс істейтін 2 және 3 орамды стендтермен жабдықталған. Құбыр прокаттау және құбыр престеу қондырғыларының желісінде редукциялық диірмендерді қолдану соңғысының өнімділігін айтарлықтай арттыруға, сонымен қатар шағын өлшемдегі жұқа қабырғалы құбырларды дайындау арқылы прокаттың номенклатурасын кеңейтуге мүмкіндік береді. Кернеу жағдайында жұмыс істейтін заманауи редукциялық диірмендер сыртқы диаметрді 80%-ға, қабырға қалыңдығын 40%-ға дейін қысқарта алады.

Кернеуді азайту процесінің ерекшелігі - қалыңдатылған ұштардың болуы. Қалыңдалған ұштардың пайда болу себебі - прокаттау кезінде тіректер арқылы өтетін құбырдың соңғы бөліктеріне әсер ететін біркелкі емес кернеу. Осының нәтижесінде құбырлардың ұштары шиеленіссіз оралады және ұштың қалыңдығы өзгереді. Процестің тағы бір айрықша белгісі прокат кезінде құбырдың ішкі бетіндегі деформацияланатын металдың еркін түрінің өзгеруі болып табылады. Сонымен қатар, редукциялау процесін сипаттау прокат құбыр арқылы бір-бірімен өзара әрекеттесетін көп мөлшердегі илемді стендтердің болуымен қиындайды.

Осыған байланысты қысқарту процесінің толығырақ қарастыруды қажет ететін келесі аспектілерін бөліп көрсетуге болады:

- 1) Қабырға қалыңдығының өзгеруі;
- 2) Қуат параметрлерін есептеу;
- 3) Қалыңдалған құбыр ұштарының болуы;
- 4) Жоғары жылдамдық режимі;
- 5) Процесс барысына аралық шиеленістің әсері.

Қысқарту процесінің теориялық негіздерін отандық ғалымдар: А.А. Шевченко, В.А. Юргеленас, В.П. Анисифоров, Г.И. Гуляев, В.Н. Выдрин, В.Л. Колмогоров, Г.Я. Гун, Ю.М. Матвеев, А.З. Глейберг, П.Н. Ившин және т.б.

Қысқарту процесінде қабырға қалыңдығының өзгеруін есептеу әдістері эмпирикалық (жартылай эмпирикалық) формулаларға немесе теориялық зерттеулерге негізделген. Эмпирикалық тәуелділіктерді 1960 жылдарға дейін қысқарту процесін зерттеген авторлар алды. Көбінесе олар жасушааралық шиеленістің әсерін ескермеді [26]. Кейінірек зерттеушілер қабырға

қалыңдығының өзгеруіне құбырдың қалыңдығымен қатар кернеудің де әсерін есепке ала бастады және формулалардың қолданылу диапазоны өсті [29, 30]. Бүгінгі күнге дейін қолданылып келе жатқан теориялық зерттеулерге негізделген тәуелділіктер үлкен қызығушылық тудырады. Олардың көпшілігі қабық теориясының принциптері негізінде алынды.

Сонымен, [31] авторлар жұқа қабықтардың моментсіз теориясының ережелеріне сүйене отырып, калибрдің периметрі бойынша қабырға қалыңдығының біркелкі емес өзгеруінің түзету функциясын ескере отырып, тәуелділікті алды, оны кейіннен әзірлеген Колмогоров В.Л. , қабырға қалыңдығының өзгеруін есептеу үшін.

Әдістеме Анисифоров В.П. [34] сыртқы үйкеліс жағдайлары мен жанаспайтын деформацияның контакт қысымына әсерін ескереді және жоғары және орташа кернеу мәндерінде тәжірибе нәтижелерімен жақсы конвергенция көрсетеді.

Ұсынылған белгілі әдістеме бар, ол да континуум механикасының вариациялық әдістері негізінде алынған, оны стендтер тобында орташа қабырға қалыңдығының өзгеруін есептеу үшін қолдану қиын.

[29] жұмысында авторлар қалпына келтіру процесі үшін энергия балансының теңдеуін шешті. Бұл жұмыстың кемшілігі редукцияны матрицаларда құбырлардың деформациялану процесі ретінде қарастыру болып табылады.

Қысқарту процесін егжей-тегжейлі талдауды Г.И. Гуляев , П.Н. Ившинмен бірге әмбебап болып табылатын жаңа техника әзірледі. Бұл әдіс үздіксіз механика ережелеріне негізделді және тірек орамдарының саны, тартылу мәндері, құбыр қалыңдығы сияқты құбырларды қысқарту жағдайларының кең ауқымын ескерді, сонымен қатар стендтер тобы үшін де есептеулерді жүргізуге мүмкіндік берді. және жеке стенд үшін.

Құбырлардың көлденең қалыңдығының айырмашылығының индукциясына әсер ететін факторларға да көп көңіл бөлінгенін атап өткен жөн [42].

Құбырларды қысқарту теориясының одан әрі дамуы процесті неғұрлым тереңірек және егжей-тегжейлі сипаттаумен сипатталады. Электрондық есептеуіш техниканың дамуына байланысты ғалымдардың 1970-ші жылдардан қазіргі уақытқа дейінгі кезеңдегі жұмыстары қысқарту технологиясының жеке аспектілерін қамтумен емес, күрделі математикалық модельдерді жасаумен сипатталады. Математикалық модельдеу процестің барысы туралы толық ақпарат алуға мүмкіндік береді, оның талдауы үздіксіз диірменнің жұмыс режимін бағалауға, процесті жақсарту жолдарын табуға, резервтерді анықтауға және жаңа техникалық шешімдерді әзірлеуге мүмкіндік береді.

Ұсынылған вариациялық принципті қолдану арқылы үздіксіз илемдеу процестерін зерттеудің аналитикалық әдісіне негізделген құбырды қысқарту процесінің математикалық моделі бастапқы қабырға қалыңдығының, үйкелістің әсерін бағалауға мүмкіндік берді. коэффициенті, температура және редукция жылдамдығы, тірек аралық керілу, бір стендтің шиыршықтарының

айналу жылдамдығының өзгеруі, процесс барысы бойынша жоғары жылдамдық режимі және құбырдың соңғы сапасы [41].

Қысқартудың математикалық сипаттамасы, дөңгелек және сопақ калибрлердегі құбырларды бойлық прокаттаудың кез келген процесі сияқты, жалпы даму схемасына ие: деформация аймағының геометриясы мен кинематикасы, кернеу күйі, энергия балансының құрамдас бөліктері және анықтау. процестің негізгі параметрлері. Бұл сұлба көп орамды калибрлердегі құбырларды бойлық прокаттауды зерттеу үшін пайдаланылды, оның ерекшелігі оны екі, үш және төрт орамды калибрлердегі құбырларды бойлық прокаттау үшін пайдалану мүмкіндігі болып табылады [17].

Процесті теориялық зерттеумен қатар, математикалық модельдер диірменнің операциялық баптауына мүмкіндік береді. Бұл жағдайда технологиялық басқару келесі құбырды илемдеу алдында кіріс параметрлерін бақылауға, геометриялық өлшемдері көрсетілген дайын құбырды өндіруді қамтамасыз ететін диірмен параметрін есептеуге дейін төмендейді. Бұл ретте авторлар өз жұмыстарын энергия теориясының қатысуымен жүргізілген зерттеулерге негіздеді.

Бүгінгі күні құбырларды қысқарту процесін сипаттау үшін маңызды теориялық база жинақталды, дегенмен жаңа өлшемдер мен материалдардың дамуымен, ескілерін жаңғыртумен және жаңа құбыр прокат қондырғыларының құрылысымен байланысты, азайту процесі тоқтамайды. Дәлірек, қарапайым және әмбебап математикалық модельдерді алу үшін металл қалыптау процестерін зерттеудің жаңа әдістері жасалуда.

Тотықсыздандыру процесінің соңғы теориялық зерттеулерінен ұсынылған үздіксіз құбырларды оправкасыз илемдеудің математикалық моделін бөліп көрсету керек. Бұл математикалық модельдің ерекшелігі үздіксіз жұмыс істейтін диірменнің барлық стендтеріндегі деформация параметрлерін біріктіретін тендеулер жүйесін шешу негізінде оправкасыз құбыр прокатының кинематикалық, деформациялық және энергетикалық-қуаттық параметрлері анықталады [13].

Қолданыстағы математикалық модельдер қысқарту процесінің бұрын айтылған ерекшеліктерін ескеруге мүмкіндік береді. Атап айтқанда, бұрынғы жұмыстарда энергия-қуат параметрлерін есептеу үшін эмпирикалық тәуелділіктер алынды, ал қазіргі уақытта процестің аналитикалық сипаттамасы негізінде есептеу әдістері анықталды. Бұл жылдамдықты азайту режимдерін есептеуге де қатысты. Айта кету керек, барлық дерлік әдістерде жылдамдық режимін есептеу кезінде екінші томдардың тұрақтылық заңы ескеріледі. Қысқарту теориясының дамуы прокат диаметрінің мәнін дәлірек анықтауға мүмкіндік берді.

Қалыңдалған ұштардың қалыптасуы процестің бастапқы және соңғы кезеңдерінде орын алады, сондықтан бұл фактор толық зерттелмеген, өйткені аналитикалық зерттеулердің көпшілігі стационарлық қалпына келтіру сатысы үшін жүргізілген. Бұл мәселенің аз жарықтандыруына әсер еткен тағы бір фактор - қалыңдатылған ұштардың ұзындығының диірменнің дизайны мен жағдайына тәуелділігі. Дегенмен, авторлардың көпшілігі стенд аралық

шиеленіс мәндері мен тіректер арасындағы қашықтық үлкен әсер ететінімен келіседі. Осылайша, қалыңдатылған ұштардың ұзындығын анықтауға арналған белгілі тәуелділіктер жартылай эмпирикалық болып табылады және тек нақты диірменді сенімді түрде сипаттайды.

Редукция процесінің барысына тірек аралық шиеленістердің әсері де жақсы зерттелген және азайту теориясының дамуының бастапқы кезеңінде бұл әсерді ескере отырып, аралық кернеудің кинематикалық коэффициенті сипаттама ретінде әрекет етті, редукция процесінің ерекшеліктерін қате сипаттаған. Кейінірек олар аралық кернеудің пластикалық коэффициентін қолдана бастады, ол бүгінгі күні де өзекті [2].

Осылайша, жіксіз құбырларды азайту процесінің ерекшеліктері теориялық және эксперименттік түрде жақсы сипатталған, алайда әзірленген әдістер мен математикалық модельдер басқа белгілі параметрлер үшін аралық кернеу мәндерін есептеуге мүмкіндік бермейтінін немесе жарамсыз екенін атап өткен жөн. , бұл олардың ортақ кемшілігі.

1.5 13Cr типті болаттан құбырларды дайындау ерекшеліктері

13Cr типті мартенситті класты тоттануға төзімді болаттан жасалған сорғы-компрессорлық құбырлардың соңғы сапасы барлық металлургиялық қайта бөлулерге байланысты: болат балқыту (балқыту, тазарту және болатты құю режимі); дайындау (құймаларды немесе НЛЗ-ны қысу орнақтарында, соғу престерінде, балғаларда немесе радиалды-соғу машиналарында деформациялық қайта өңдеу); деформациялық сатылардан басқа термиялық қайта бөлуді қамтитын құбыр өңдеу, өңдеу және т. б. Төменде құбыр учаскесінің қолданылатын және ықтимал деформация схемаларының қысқаша талдауы берілген. Бұл ретте металлургиялық циклдің қалған құрамдас бөліктері және олардың сипаттамалары тек құбыр процесіне әсер ету тұрғысынан ғана қарастырылады.

13Cr типті болаттардың ерекшеліктері (орыс аналогы 20Х13 маркалы болат) олардың 1160-тан 1200 ° С-қа дейінгі диапазонында болатын прокаттың тар температуралық режимі және төмендетілген технологиялық пластикалық болып табылады. Қолда бар мәліметтерге сәйкес, 20Х13 маркалы болатты ыстық бұралу әдісімен икемділікке сынау кезінде оңтайлы пластикалық температурада 1160-тан 1200 ° С-қа дейін, бұзылуға дейінгі бұралу саны 24-тен 26-ға дейін болды. Салыстыру үшін, көміртекті құбырлы болаттарда оңтайлы пластикалық температурада 1200-ден 1250 ° С-қа дейін бұралулар саны 125-тен 132-ге дейін [5].

13Cr типті болаттан жасалған құбырларды өндіруде ең көп таралған дайындамалар прокат және соғылған құбырлы дайындамалар болып табылады. Домаланған дайындамаға қарағанда тығызырақ және біркелкі құрылымға ие болғандықтан, соғылған дайындамаға артықшылық беру керек. Алдын ала кеңейтумен престоу кезінде дайындама кемінде 2,5 мм металды алып тастаумен, кірістіру және бұрғылаумен қосымша токарлық өңдеуге

ұшырайды. Бұл сұлба престоуге арналған металдың құнымен және прес қалдығымен байланысты және илемдеу технологияларымен салыстырғанда өнімділігі төмен.

Сонымен қатар, алдын ала кеңейту престоу қажетті ұзындықтағы құбырларды шығара алмайды. Сонымен, API 5CT [6] стандартына сәйкес сыртқы диаметрі 244,48 мм және қабырғасының қалыңдығы 11,99 мм болатын қаптама үшін, мысалы, «ВТЗ» АҚ 5500 құбыр престоу қондырғысының технологиялық шектеулерінен максималды ұзындық болып табылады. пресс-контейнердің максималды ұзындығымен анықталатын 5,7 м артық емес.

Үздіксіз құйылған деформацияланбаған және алдын ала сығымдалған дайындамалардан қаптама құбырларын престоу схемасы илектелген немесе соғылған дайындамалардағы сияқты кемшіліктерге ие. Дегенмен, бұл құбырлардың құны біршама төмен. Бұл жағдайда қысқартылған үздіксіз құйма дайындама қолайлы, өйткені ол осьтік аймақтың тығыз құрылымына ие [7]. Бұрғылау дайындамалары осындай технологиялық схемаларымен, әдетте, осьтік бос және кеуектілік ақауларын толығымен жоймайды. Бұл ақаулардың қалдықтары деформация кезінде ішкі пленкаларға, шаш сызықтары мен жарықтарға айналады.

Үздіксіз құйылған дайындаманы (КББ) редукциялау кезінде осьтік ақаулар ішінара дәнекерленеді немесе өлшемді азайту бағытында түрлендіріледі. Үздіксіз құю машинасының осьтік аймағындағы ақауларды жою процесі радиалды соғу станоктарында азайған кезде ең тиімді екенін атап өткен жөн. Тиімділігі бойынша келесісі үздіксіз дайындама станында бойлық прокат болып табылады. Үздіксіз прокат станының үш орамды спиральді илемдеу станында сығымдау осьтік аймақты нығыздау бойынша ең аз тиімді болып табылады.

Технологиялық сұлбалар термиялық өңдеуден өткен де, термиялық өңдеусіз де орталықтан тепкіш құйма дайындамаларды (CBLZ) тікелей престоу әдісін қолдану кезінде ескеруге лайық. 13Cr типті болаттар үшін тек термиялық өңдеуден өткен дайындамаларды қолдануға болады, өйткені ауада салқындатылған дайындаманың сыртқы және ішкі беттерін механикалық өңдеу жоғары қаттылыққа (50 HRC дейін) байланысты қиын.

Термиялық өңдеуден өткен ЦБЛЗ-дан тікелей престоу әдісі бұрғылау, бірінші қыздыру, кеңейту операцияларын болдырмайды, бұл металдың жоғалуын біршама азайтады. Бұл ретте құбыр престоу қондырғысы желісінің жабдығының жартысы пайдаланылмайды. Белгіленген факторлар престоу процесінің шығындарын азайтады және өнімділікті арттырады, бұл құбыр өндірісінің экономикалық көрсеткіштерін арттыруға мүмкіндік береді. Бұрынғы Южнотрубный зауытының құбыр престоу қондырғыларында жоғары легирленген болат маркаларынан ЦБЛЗ көмегімен құбырларды тікелей престоу процесі қолданылды [10]. Өкінішке орай, ЦБЛЗ тікелей престоу әдісін API 5ST құбырлар ассортиментінің шектеулі бөлігінде ғана қолдануға болады, бұл алынған құбырлардың ұзындығын шектеумен байланысты. ЦБЛЗ пайдаланудың тағы бір кемшілігі оларды өндіру кезінде

ішкі және сыртқы беттерде ақаулардың пайда болуы болып табылады, бұл жону және бұрғылау дайындамалары құнының өсуіне әкеледі.

Престеумен салыстырғанда, 2 немесе 3 жүріспен сопақша калибрлі автоматты қос илектеу арқылы 13Cr типті болаттан құбырлар алу әдісі кең таралған. Бұл диірмендер басқа өлшемге прокатқа ауысқанда икемділігіне және тесілген қалың қабырғалы гильзалардың салыстырмалы түрде үлкен диапазонына байланысты өлшемдердің, болат маркаларының және техникалық талаптардың кең ауқымындағы құбырларды прокаттауға қабілетті.

13Cr және супер 13Cr болаттан құбырлар өндіруде үлкен тәжірибеге жапондық Sumitomo, JFE компаниялары қол жеткізді, оның элементтерінің бірі автоматты диірмендері бар дәстүрлі бүрку машиналарын қолдану болып табылады [12].

Жалғыз мүмкін схема қалады, яғни құбырларды ТПА 159-426-да бір микробағдарламамен илемдеу, бұл құралдың тозуына әкеледі және қазіргі уақытта экономикалық тұрғыдан мүмкін емес. Айта кету керек, жоғары хромды болаттан жасалған дайындамаларды жыпылықтаудың температуралық аралығы үздіксіз диірменде келесі илектеу кезінде үзілістер түрінде ақаулардың пайда болуына әкелуі мүмкін.

Металл шығынын азайтудың тағы бір тәсілі-ұзындығы 2 немесе 3х сорғы-компрессорлық құбырларды басу, бұл сізге 55 МН күшпен құбырды басуға мүмкіндік береді. 1-суретте 13Cr типті болаттан жасалған СКҚ Өндіру схемасы көрсетілген.

Осы технологиялық схемамен металдың шығынын арттыратын негізгі операциялар: айналдыру, бұрғылау, престеуден кейінгі қалдық сегменті, қысқарғаннан кейін қалыңдатылған ұштардың сегменті. Ұзындығы 3 есе құбырлар өндірісі қалдық түрінде металл шығынын едәуір азайтуға мүмкіндік береді. Содан кейін металды тұтыну тұрғысынан технологияның ең проблемалы орны-бұл азайту процесі.

2 Сорғы-компрессорлық құбырларды термомеханикалық өңдеу

2.1 СКҚ мақсаты, техникалық сипаттамасы

Сорғы-компрессорлық құбырлар (СКҚ) мұнай, газ, айдау және су тарту ұңғымаларын пайдалану процесінде шегендеу бағаналарының ішінде сұйықтықтар мен газдарды тасымалдау үшін, сондай-ақ жөндеу және түсіру-көтеру жұмыстары үшін қолданылады.

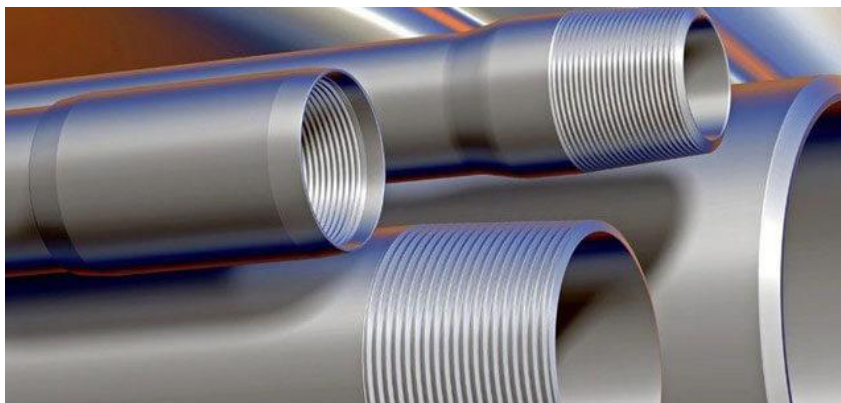
ЖКЖ құбырлары өзара муфталы кесу қосылыстарының көмегімен жалғанады.

Сорғы-компрессорлық құбырлардың бұрандалы қосылыстары:

- күрделі бейіндегі ұңғымалар оқпандарындағы бағаналардың, оның ішінде қарқынды қисаю аралықтарындағы өтімділігі;
- жүктемелердің барлық түрлеріне жеткілікті беріктік және құбыр бағаналары қосылыстарының қажетті герметикалығы;
- қажетті тозуға және жөндеуге төзімділік.

Сорғы-компрессорлық құбырлар мынадай қосымшаларда және олардың комбинацияларында дайындалады:

- ТШ 14-161-150-94, ТШ 14-161-173-97, API 5CT бойынша сыртқа отырғызылған ұштарымен;
- МЕМСТ 633-80 бойынша тегіс жоғары герметикалық, ТУ 14-161-150-94, ТУ 14-161-173-97;
- ТШ 14-3-1534-87 бойынша Полимерлі материалдан жасалған тығыздау түйіні бар тегіс;
- ТШ 14-3-1588-88 және ТШ 14-3-1282-84 бойынша жоғары иілгіштік пен суыққа төзімділігі бар тегіс, тегіс жоғары герметикалық;
- тұз қышқылды өңдеу кезінде коррозиялық төзімділігі жоғары және ТШ 14-161-150-94, ТШ 14-161-173-97 бойынша минус 60°C температураға дейін суыққа төзімді болып табылатын, құрамында күкіртсутегі бар белсенді ортаға, тегіс жоғары герметикалық және сыртқа отырғызылған ұштары тоттануға төзімді.



2.1 Сурет - Сорғы-компрессорлық құбыр

Тапсырыс берушінің талабы бойынша полимерлі материалдан жасалған тығыздау түйіні бар құбырлар жоғары икемділікпен және суыққа төзімділікпен жасалуы мүмкін. Тараптардың келісімі бойынша құбырлар құрамында күкіртсутегі төмен орталар үшін коррозияға төзімді етіп дайындалуы мүмкін.

- Шартты сыртқы диаметрі: 60; 73; 89; 114мм
- Сыртқы диаметрі: 60,3; 73,0; 88,9; 114,3 мм
- Қабырға қалыңдығы: 5,0; 5,5; 6,5; 7,0 мм
- Беріктік топтары: Д, К, Е

Сорғы-компрессорлық құбырлар тегіс және диаметрі 73 және 89 мм болатын муфталар үшбұрышты жіппен (дюймге 10 жіп) немесе тра-печидалды (НКМ, дюймге 6 жіп) жіппен жеткізіледі.

Сорғы-компрессорлық құбырлар тегіс және диаметрі 60 және 11 мм болатын муфталар үшбұрышты жіптермен келеді.

Құбыр ұзындығы:

- Орындалуы А: 9,5-10,5 м.
- Б орындау: 1 топ: 7,5 – 8,5 м; 2 топ: 8,5 – 10м.
- Талап бойынша құбырлар жасалуы мүмкін – 11,5 м дейін.

Сорғы-компрессорлық құбырларды шығару үшін жіксіз ыстықтай деформацияланған құбырлар пайдаланылады.

Бұранданы кесу алдында сорғы-компрессорлық құбырлар бұзбайтын бақылаудың магнитті индукциялық аспабымен тексеріледі.

Тапсырыс берушінің талабы бойынша құбырлар ТШ 14-3-1718-90 бойынша құбырлардың беріктік топтарының айырым таңбасымен дайындалуы мүмкін. Міндетті тексерулер жүргізіледі: тегістеу, созу, гидроқозғалту.

Құбырларды келесі ТШ бойынша да жасауға болады:

ТУ 14-161-150-94, ТУ 114-161-173-97, АРІ 5СТ. сорғы-компрессорлық құбырлар және оларға күкіртті сутекке және суыққа төзімді муфталар. Ұңғымаларды қышқылмен өңдеу кезінде коррозиялық бұзылуға жоғары қарсылыққа ие және минус 60С температураға дейін суыққа төзімді болады. құбырлар 20; 30; 30ХМА маркалы болаттан жасалады. Сынақтар: насе ТМ 01-77-90 сәйкес созылу, соққы тұтқырлығы, қаттылығы, гидроизоляция, сульфидті коррозиялық крекинг.

ТУ 14-161-158-95. СКМ типті сорғы-компрессорлық құбырлар және оларға жетілдірілген тығыздау торабы бар муфталар. Мұнай және газ ұңғымаларын пайдалану үшін қолданылатын жетілдірілген басқару торабы бар СКМ типті тегіс, жоғары герметикалық құбырлар және оларға муфталар. Беріктік тобы Д. ГОСТ 633-80 сәйкес сынау әдістері.

ТУ 14-161-159-95. Сорғылық-компрессорлық құбырлар және оларға хладқа төзімді орындаудағы муфталар. Құбырлар тегіс, жоғары герметикалық беріктік топтары Е, Ресей Федерациясының солтүстік аймақтарындағы газ кен орындарын жабдықтауға арналған. Сынақтар: созылу, соққы тұтқырлығы. МЕМСТ 633-80 бойынша сынаудың қалған әдістері.

API 5CT топтары: h40, J55, N80, L80, C90, C95, T95, P110 монограммамен (бет 5CT-0427).

2.1 Кесте – Сорғы-компрессорлық болат құбырлар ГОСТ 633-80-Сортамент

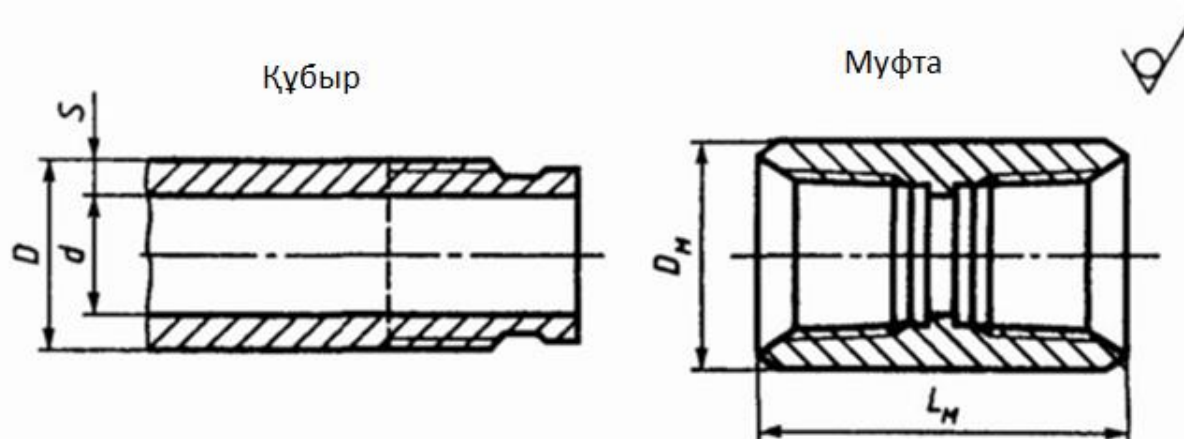
Беріктік топтары	Шартты сыртқы диаметрі, мм	Сыртқы диаметрі, мм	Қабырға қалыңдығы, мм	Ұзындығы, м
Д, К, Е	60	60,3	5,0	Орындалу А:
Д, К, Е	73	73,0	5,5	9,5 – 10,5
Д, К	-	-	7,0	Орындалу Б:
Д, К, Е	89	88,9	6,5	1 топ — 7,5 – 8,5
Д, К, Е	114	114,3	7,0	2 топ — 8,5 – 10

2.2 Кесте - Сорғы-компрессорлық құбырлар. Механикалық қасиеттері

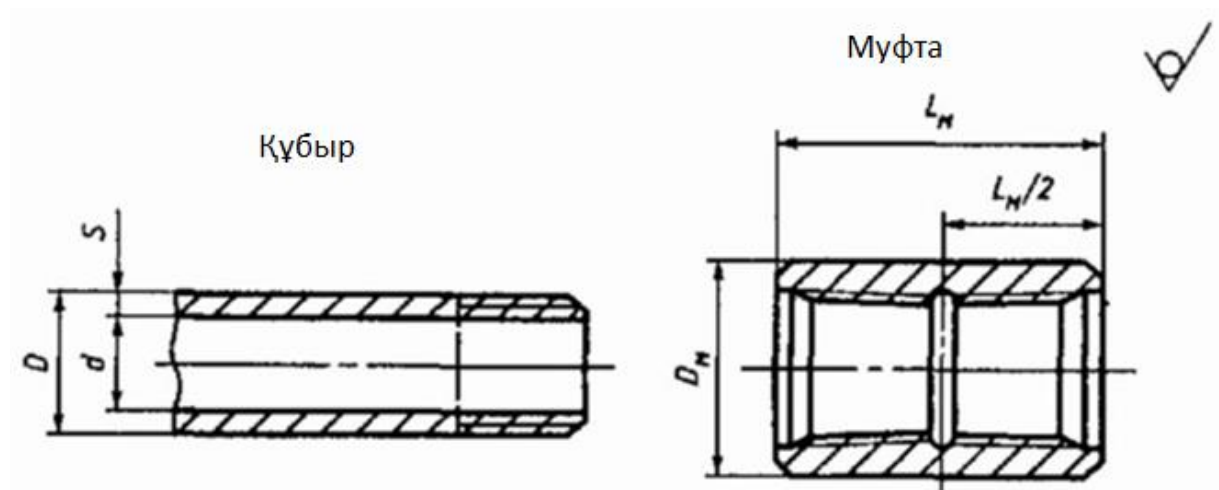
Беріктік топтары	Уақытша қарсылық, Н/мм ² (min)	Аққыштық шегі, Н/мм ²	Салыстырмалы ұзару, % (min)
Д, орынд.А	655	379 – 552	14,3
Д, орынд.Б	638	373	16
К	687	491	12
Е	689	552 – 758	13

2.2 СКҚ құрылысы және қолданылуы.

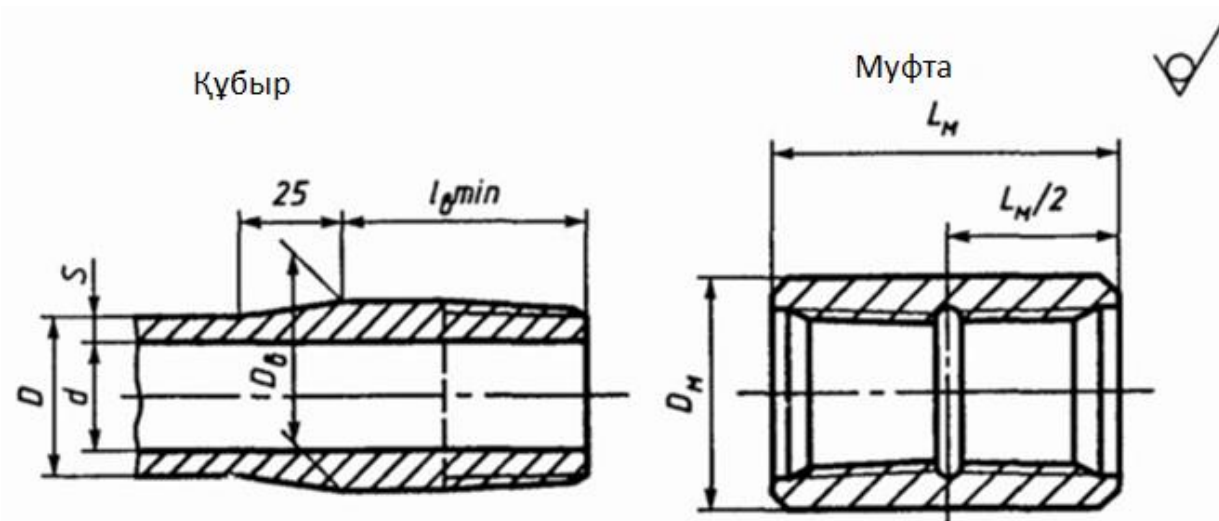
Құрылымдық жағынан, сорғы-компрессорлық құбырлар-бұл оларды жалғауға арналған құбыр мен муфтаның өзі. Сондай-ақ, сыртқы ұштары бар муфтасыз сорғы-компрессорлық құбырлардың конструкциялары бар.



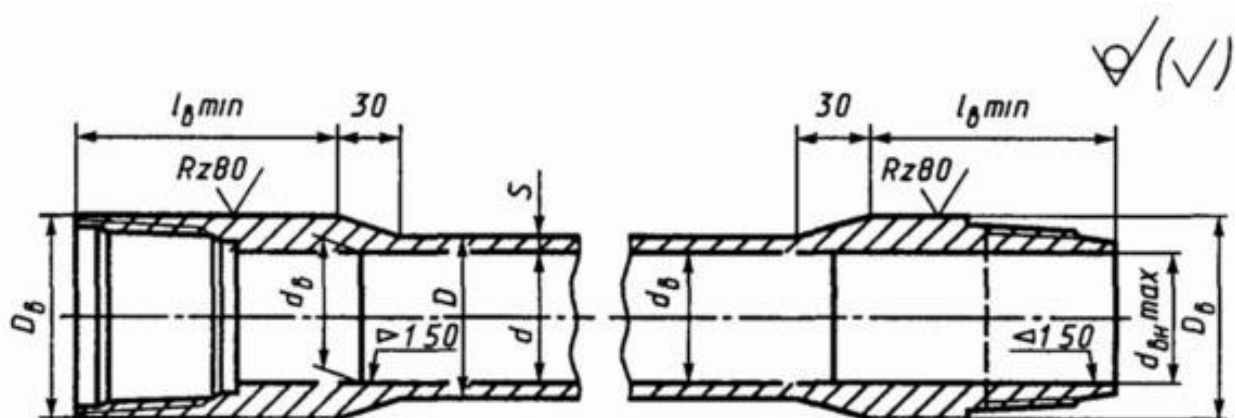
2.2 Сурет - Тегіс жоғары герметикалық құбыр және оған муфта - (СКМ)



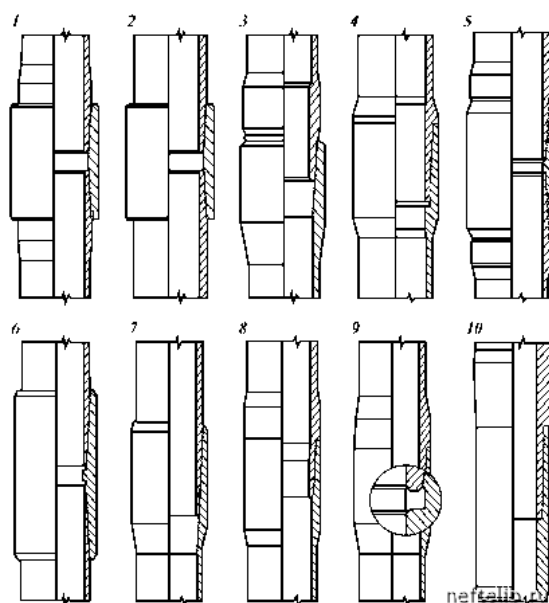
2.3 Сурет - Тегіс сорғы-компрессорлық құбыр және оған муфта



2.4 Сурет - Сыртқа шығарылған ұштары бар сорғы-компрессорлық құбыр және оған муфта - (в)

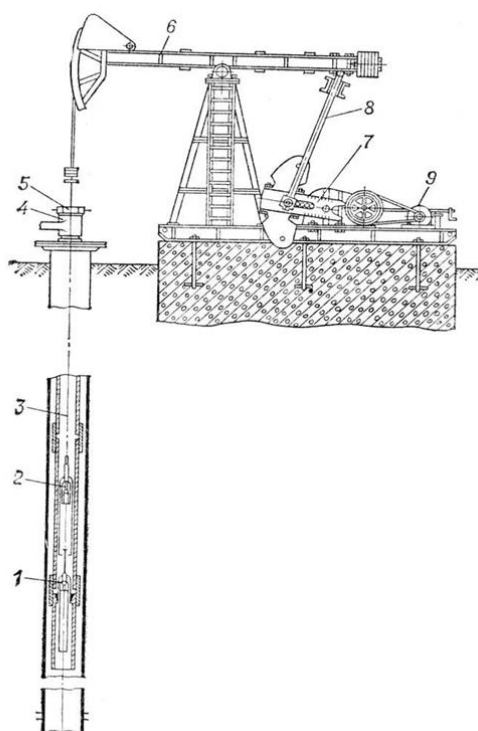


2.5 Сурет - Сыртқа шығарылған ұштары муфтасыз сорғы-копрессорлық құбырлар- СКҚ



2.6 Сурет - Шетелдік өндірістегі СКҚ құбырларын қосу мысалдары

Әлемдік тәжірибеде СКҚ -ны кеңінен қолдану мұнай өндірудің штангалық сорғы әдісімен табылды, ол жалпы қолданыстағы Қордың 2/3 бөлігін қамтиды.



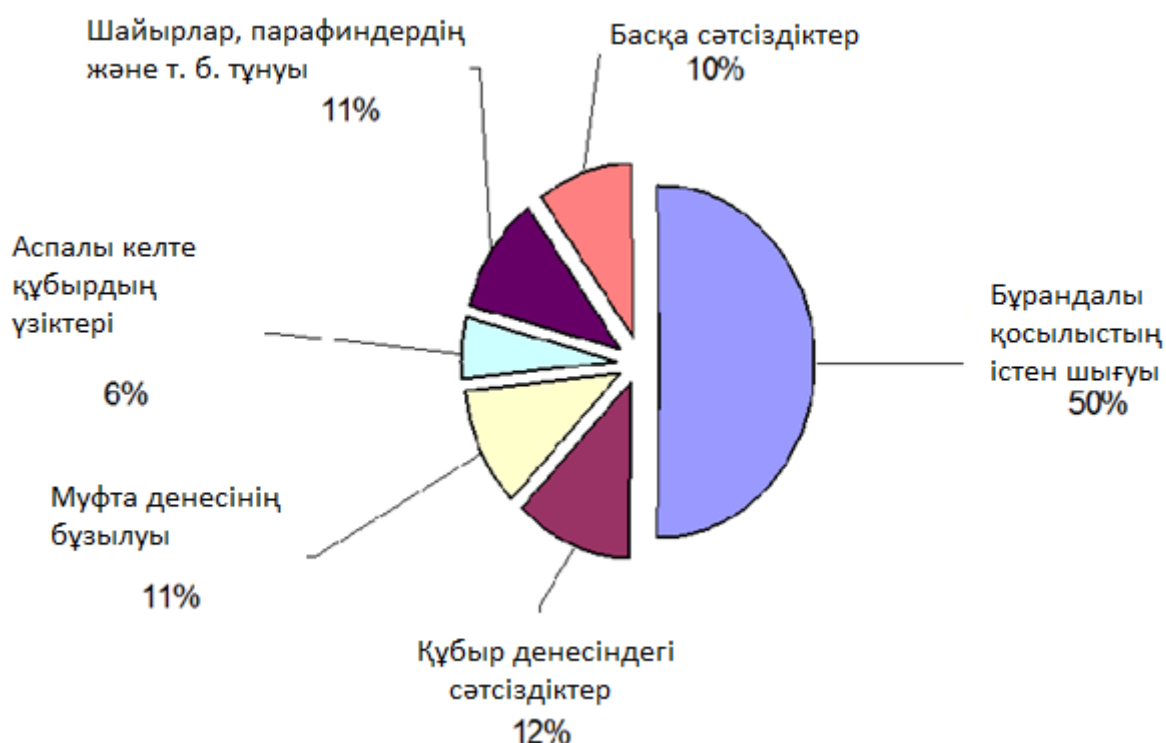
2.7 Сурет - Ұңғымалық қарнақты сорғы қондырғысы (ҰҚСК)

Қазақстанда тербелетін машиналар ГОСТ 5866-76, сағалық тығыздағыштар - ТУ 26-16-6-76, СКҚ - ГОСТ 633-80, штангалар - ГОСТ

13877-80, ұңғыма сорғысы және құлып тіректері - ГОСТ 26-16-06-86 сәйкес шығарылады және қолданылады.

Штангаларға ілінген сорғы плунжерінің өзара-ілгерілемелі қозғалысы сұйықтың ұңғымадан жоғары көтерілуін қамтамасыз етеді. Ұңғыманың өнімінде парафин болған кезде штангаларда скрепелер орнатылады, олар СКҚ ішкі қабырғаларын тазартады. Газ бен құммен күресу үшін сорғының қабылдауында газ немесе құм зәкірлері орнатылуы мүмкін.

Ұңғымалық қарнақты сорғы қондырғысы (ҰҚСҚ) 1-тербелме станогынан, 2-ауыздың жабдығынан, планшайбаға ілінген СКҚ 3-колоннасынан, 4-сорғы штангілерінің колоннасынан, 6-жалғамалы немесе 7-жалғамалы қарнақты сорғының колоннасынан тұрады. 6-қосылатын сорғы 5-құлып тірегінің көмегі бар СКҚ құбырларына бекітіледі. Ұңғыма сорғысы сұйықтық деңгейіне түседі.



2.8 Сурет - СКҚ -мен істен шығуларды түрлері бойынша бөлу

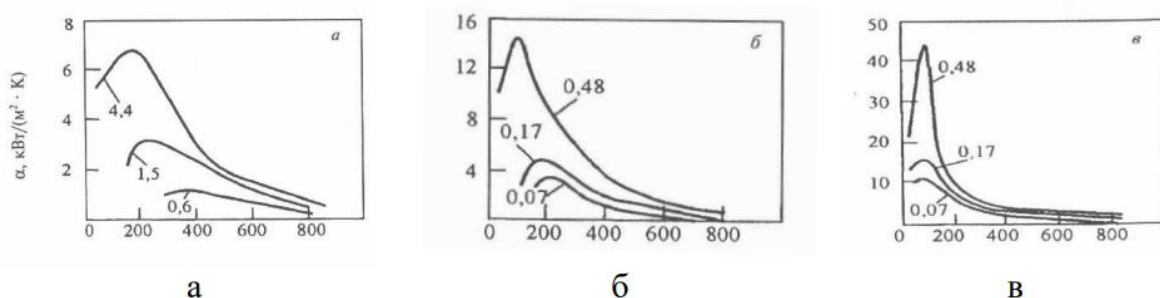
2.3 Термомеханикалық өңдеу режимін таңдау

Термомеханикалық өңдеу режимі соңғы өнімнің сапасы үшін өте маңызды, өйткені ол белгілі бір құрылымның қалыптасуына ықпал етеді, сәйкесінше қасиеттердің қажетті деңгейін қамтамасыз етеді.

Қолда бар патенттік ақпаратты талдау негізінде құбырларды термомеханикалық өңдеу (ТМ) үшін жаңа техникалық шешімдерді қолданудың тиімділігі қарастырылады. Механикалық қасиеттердің деңгейі негізінен байланысты

берілген құрылымның қалыптасуын анықтайтын құбыр қабырғасының қалыңдығы бойынша салқындату жылдамдығының аралығы. Салқындату жылдамдығы, өз кезегінде, құбырларды дайындау процесінің көптеген параметрлері мен технологиялық ерекшеліктеріне, сондай-ақ болаттың қасиеттеріне байланысты.

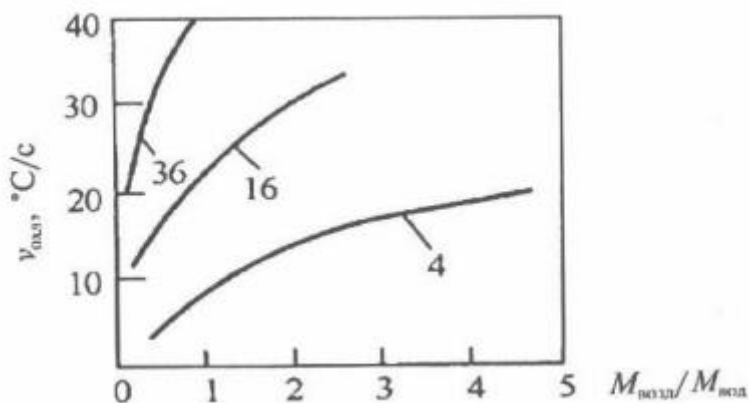
Жылу беру коэффициентінің а салқындатқыштың су-ауа қоспасының параметріне тәуелділігі – ауа массасының су массасына қатынасы (M_a/M_d) көрсетілген [6].



2 (а), 16 және 36 (в); қисықтардың сандары-салқындатқыштағы ауа мен су массаларының арақатынасы

2.9 Сурет – Судың тұрақты меншікті шығыны

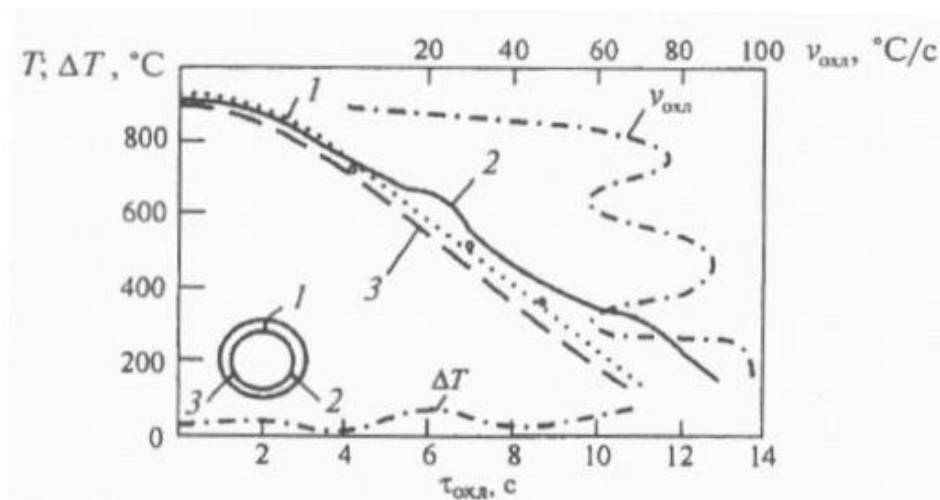
Қоспадағы су мен ауа шығындарының арақатынасын реттеу арқылы әр түрлі салқындату жылдамдығына қол жеткізіледі — ауадан суға дейін. Жалпы салқындату жылдамдығын су шығынын көбейту арқылы арттыруға болады (2.10-сурет).



2.10 Сурет - Тұрақты су шығыны кезінде ауа мен судың массалық қатынасына байланысты қалыңдығы 17 мм $v_{ок}$ үлгінің орташа салқындату жылдамдығының өзгеруі (қисықтардағы сандар- $m^2/(m^2 \cdot c)$)

Синар құбыр зауытының 2 спрейері арқылы қозғалу процесінде диаметрі 146 мм, қабырғасы 11 мм болатын корпус құбырларының температурасы мен салқындату жылдамдығының өзгеруі 5-суретте көрсетілген. Айналмалы спрейерде шындалған құбырларды өндіру тәжірибесі

($n = 15$ айн/мин, су шығыны 320 м/сағ) бұйымдардың қажетті геометриясы қамтамасыз етілетіндігін көрсетті, бұл оларды кідіріссіз желіде тасымалдауға мүмкіндік береді. Металлдың беріктігі мен пластикалық қасиеттері беріктік тобына сәйкес келеді. Е. қатайту мен босатудан кейін құбырлардың айналасындағы қаттылықтың таралуы HRC 2-5-тен аспады.



1, 2-сыртқы беті; 3-ішкі; а-температура периметрі бойынша ауытқуы

2.11 Сурет - Температураның өзгеруі (1-3) және салқындату жылдамдығы көлемі 146x11 мм құбырларды салқындату ұзақтығы

ТМ әдістерін авторлық куәліктер мен патенттердегі техникалық шешімдерге сүйене отырып, салқындату әдісі бойынша шартты түрде жіктеуге болады: әртүрлі салқындату және жылыту режимдерін қолдана отырып, көп сатылы өңдеу және бір мезгілде деформация ; шектеулі уақыт аралықтарында салқындату; салқындатқыш ағынының жылдамдығы мен бағытын реттей отырып; салқындатқыштың "айналмалы" ағындарымен; салқындатқыштың ортасында құбырдың қозғалуымен; салқындатқыштың құбырдың ішкі қуысына енуінен қорғайды ; құбырды алудың әртүрлі кезеңдерінде құбыр дайындаманың қозғалысын оңтайландырумен [14].

Осы жіктеуден көрініп тұрғандай, салқындату процесін күшейту және жақсарту құбыр мен салқындату ортасының өзара әрекеттесуін жақсартуға бағытталған.

Патенттерді талдау негізінде автор әріптестерімен бірге ТМ-ның жақсартылған тәсілдерін ұсынды [11].

Прототип ретінде авторлық куәліктерді пайдалану, қажетті материал құрылымын алу үшін салқындатқыштың құбырға әсер ету ұзақтығын шектеуді ұсынды. Бұған келесідей қол жеткізіледі: стан клетінен шыққаннан кейін құбырдың сыртқы беті 830-850°с температурадан бастап 0,15-0,30 с ішінде қарқынды салқындауға ұшырайды (қабырға қалыңдығы 1 мм-ге 6-7 л/с). бұл ретте құбырдың беткі қабатында мартенсит-бейинит құрылымы, ал қабырғаның қалған бөлігінде — дисперсті ферритті құрылым қалыптасады.- феррит мөлшері төмен перлит. 9-кестеде әдістерді салыстыру көрсетілген.

Патенттің дамуымен байланысты өнертабыс, онда салқындатқыштың құбырға әсер ету процесін қысқа мерзімді ғана емес, сонымен қатар циклді де жасау ұсынылды. Көміртекті және төмен қоспаланған болаттан жасалған құбырлар станның соңғы клетінен шыққаннан кейін 800-840°С бастап 3-5 с ішінде жалпы ұзақтығы 0,2-0,3 с 6-10 цикл үшін орташа жылдамдығы 30-40°С дейін сумен қарқынды салқындатылады, 0,15-0,2 с үзілістен кейін баяу салқындату көзделеді. Металл температурасының 830-850°С прототипімен ұсынылған салыстырмалы түрде 800-840 °С дейін төмендеуі аустенит дәнін ұнтақтауға ғана емес, сонымен қатар соңғы қасиеттерін жақсартуға (10 - кесте), сонымен қатар одан әрі салқындату кезінде құбырлардың қисықтығын азайтуға көмектеседі. Мартенситтік бейин қабатының беткі қабаты салыстырылған нұсқаға қарағанда тереңірек, ал негізгі құрылымға өту тегіс болады.

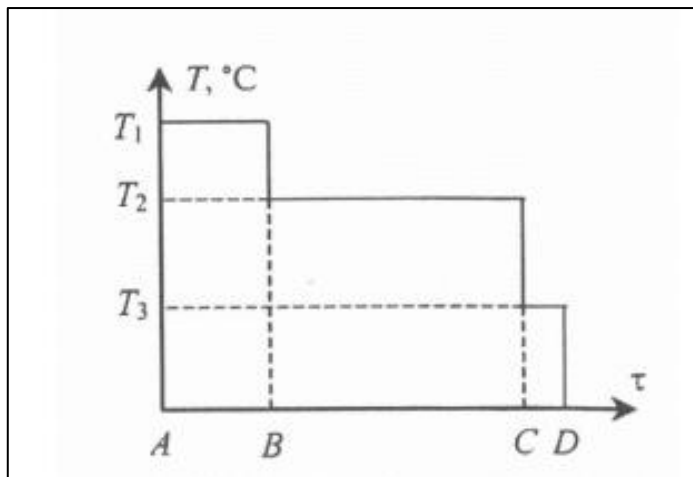
Әдістердің одан әрі дамуы өнертабыс болды, онда ниобий және немесе ванадий бар болат құбырлардың құрылымын жақсарту үшін қысқа салқындату циклдерін ғана емес, сонымен бірге бір мезгілде деформацияны қолдану ұсынылды, оның барысында құбыр жартылай салқындатылып, Болатта ниобий карбидтері шығарылады. Шындығында, бұл келесідей жүзеге асырылады: алдын-ала ыстық деформациядан кейін құбырлар ауада 50-60 с-тан 735-770°С - қа дейін салқындатылады, содан кейін олар түпкілікті деформация үшін 810-850°С-қа дейін қызады, содан кейін олар 1,5-2,0 с (орташа жылдамдығы 20-25 °С/с), содан кейін ол ауада. 735 770°С дейін салқындаған кезде ниобий (абсолютті құрамның шамамен 50%) карбидтер мен карбонитрид бөлшектері түрінде шығарылады. Кейінгі қыздыру кезінде және интерформалық үзілістер кезінде дисперсті бөлшектер дислокация мен шекаралардың қозғалысын тежейді, бұл аустениттік астықтың қатты ұсақталуына әкеледі.

Құбырларды жасау процесін автоматтандыру әдісі өнертабыста дамыды. Онда әр материал үшін зертханалық эксперименттерден анықталған кестелік мәліметтер мен тәуелділіктерден процестің әр кезеңінде құбыр дайындаманың температурасын тікелей өлшеуге көшу жүргізілді. Прототипте құбыр индукциялық пешке кірген кезде (6 — сурет, А нүктесі) оның қуаты $t_{зад}$ — Т температура айырмашылығына пропорционалды түрде артады, мұнда $T_{зад}$ — дайындаманың берілген қыздыру температурасы. V_n труба нүктелерін енгізген кезде пештің қуаты тиісті уақыт сәттерінде $T - T_1$, $T_2 - T_3$ температура айырмашылығына пропорционалды түрде артады.

Өнертабыста индукциялық пештегі дайындаманың температурасы мен қызуының өзгеруі автоматтандырылған жүйенің көмегімен бақыланады (7-сурет).

Құбырдың әр бөлігі қыздыру аймағына кірген кезде индукциялық пештің қуаттылығының секірмелі өзгеруі дайындама үшін берілген және орташа жылдамдық пен температура айырмашылығына пропорционалды түрде жүзеге асырылады. Осы жылдамдыққа сәйкес келетін Сигнал 11-блоктан 13 пештің қуатын есептеу блогының кірісіне және көлік рольгоны мен малкон диірменінің электр жетектерін басқару тізбектерінің шығуларына

түседі, бұл пештің номиналды қуатына құбыр дайындағышының жылдамдығын белгілейді. Бұл жылдамдық барлық дайындама пештен өтіп, жаңасы келгенге дейін тұрақты деңгейде сақталады.



А-дайындаманы пешке енгізу; В-температураның бірінші сатылы төмендеуі; С-температураның екінші сатылы төмендеуі; D-дайындаманың соңы

2.12 Сурет – Индукциялық пештегі дайындаманы қыздырудың температуралық циклограммасы

Бұл уақытта 8 импульсті түзеткіштің екінші кірісінен тұрақты температурасы бар құбыр бөлігінің пешке кіруі туралы сигнал дайындаманың бірінші бөлігінің температурасын салыстыру туралы 12 түйінге сигнал беруге мүмкіндік беретін дайындаманың бөлімдері бойынша 5 температура жад блогына беріледі.

12 түйіндегі T_{cp} сигналы 9 температура сенсорының (тан - Т) сигналынан есептеледі және нәтижесінде пайда болған сигнал 13 блоктың кірісіне беріледі, онда (1) формула бойынша пештің қуатын есептеу операциясы жасалады: (Тад-Тр),

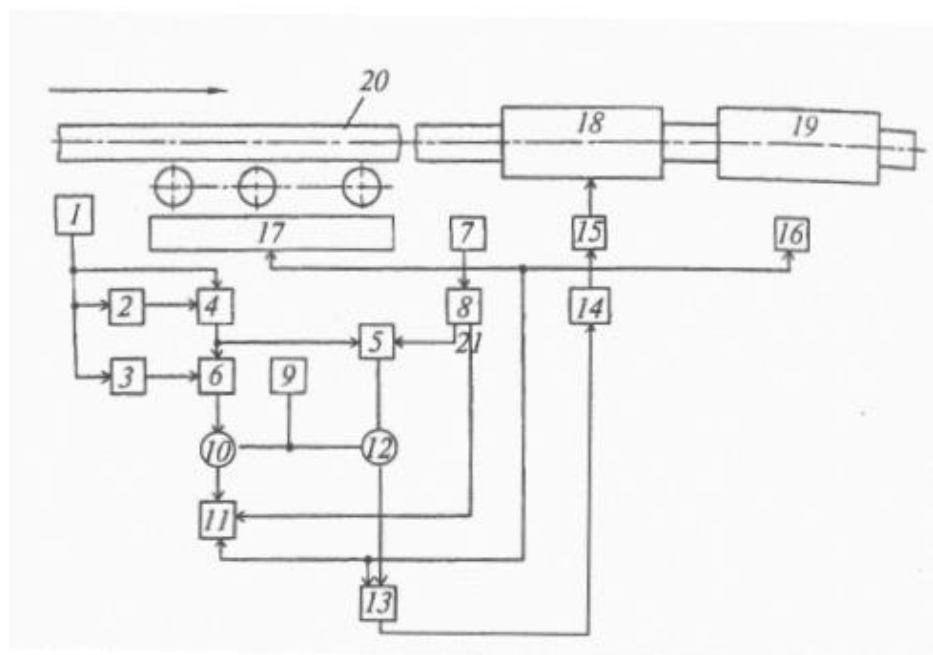
$$P = v(T_{зад} - T_{cp}), \quad (2.1)$$

мұндағы Р – пештің номиналды қуаты;

К – оның тиімділігін ескеретін коэффициент. сондай-ақ жылу сыйымдылығы, сызықтық метрдің массасы және дайындаманың конфигурациясы;

V – дайындама қозғалысының жылдамдығы.

Осы қуатқа сәйкес келетін Сигнал 14 күшейткіштің кірісіне беріледі, ол қуатты бірінші бөлімді белгіленген температураға дейін қыздыру үшін қажетті мәнге дейін өзгертеді.



1-температура датчигі; 2-тұрақты температурасы бар дайындама учаскелерін анықтау блогы; 3 – дайындаманың болу сигналын қалыптастыру блогы; 4 – дайындама учаскелері бойынша дайындама температурасын орташалаңдыру блогы; 5 — дайындама учаскелері бойынша орташа температураны еске түсіру блогы; 6-неғұрлым суық учаскенің температурасын анықтау блогы; 7-дайындама учаскелері бойынша орташа температура айырмашылығының датчигі; 8-импульсті қалыптастырғыш; 9-температура датчигі; 10- берілген температураны ең суық аймақтың температурасымен салыстырудың бірінші торабы; 11-жылдамдықты есептеу блогы; 12-берілген температураны учаскелердің орташа температурасымен салыстырудың екінші торабы; 13-индукциялық пештің қуатын есептеу блогы; 14-күшейткіш; 15-жоғары жиілікті генератор; 16-редукциялық немесе калибрлеу қондырғысының электр жетегі; 17 — тасымалдаушы рольгангтың электр жетегі; 18- индукциялық пеш; 19-редукциялық немесе калибрлеу диірмені; 20-құбыр дайындамасы

2.13 Сурет - Автоматтандырылған басқару жүйесінің блогы

Құбыр дайындамасы қозғалғанда, дайындаманың келесі бөлімі 7 сенсордың әсер ету аймағында пайда болады. Датчиктің шығысында және 8 импульсті түзеткіштің екінші кірісінде 5 жад блогынан осы бөліктің орташа температурасының мәнін шығаруға рұқсат беру сигналы пайда болады, ол салыстыру түйініне берілген 12-мен жазылады, ал 13-блокта пештің қуат мәні қайта есептеледі және оның спазмодикалық өзгерісі жүзеге асырылады. Әрі қарай, бұл операциялар қайталанады.

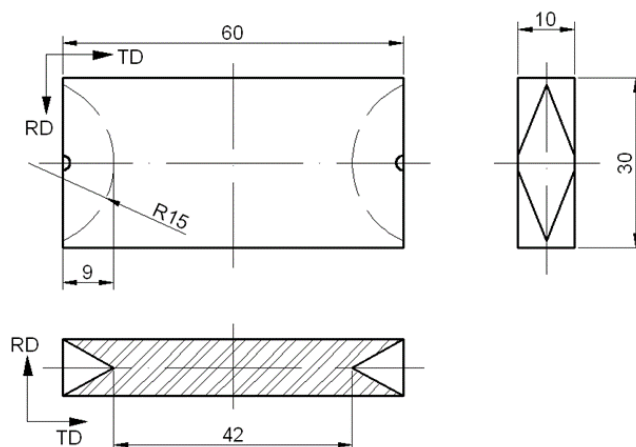
Салқындатудың кейбір әдістері және оларды жүзеге асыратын құрылғылар қарастырылып, термомеханикалық өңдеудің қол жеткізілген тиімділігі көрсетілген [22].

3 13Cr болатының термомеханикалық өңдеу кезінде зерттеу

3.1 Эксперименттік үлгінің негізгі сипаттамалары

Тәжірибелік үлгілер өңделді және роликті тақталар түрінде жасалды. Мұнда үш негізгі бет бар. Олар әр түрлі жылжымалы аймақтарды көрсетеді: қалыпты илектеу (RD-TV), көлденең айдау (RD-IV) және қалыпты көлденең төсеу (ND-TD). Бірақ модельдің ең қызықты аймағы-көлденең илектеу бағыты.[16]

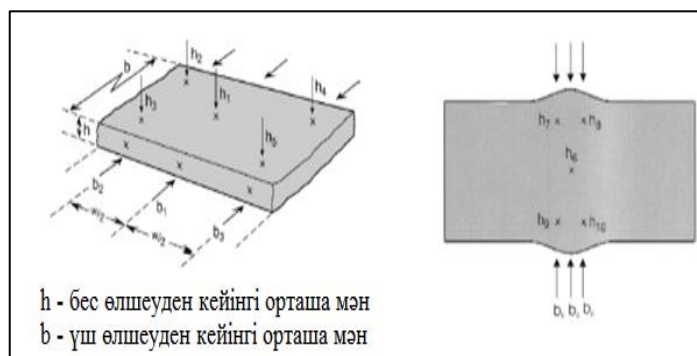
Мұнда деформацияланған үлгі бойлық бағытта кесіліп, микроқұрылымды талдау көлденең бағытта жасалады (сурет.4.1).



3.1 Сурет – Эксперименталды үлгінің негізгі өлшемдерінің сұлбасы

3.2 Сығымдау бетін сынау негіздері

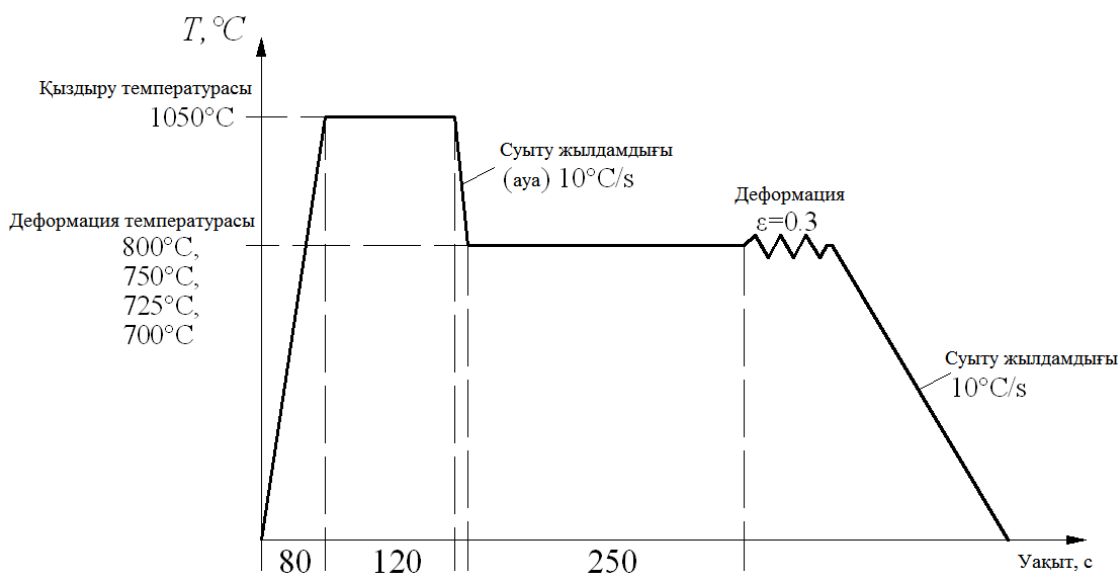
Бастапқы үлгі өлшемдері 4.1-суретте көрсетілгендей 60×30×10 мм. Орташа биіктік пен қалыңдыққа қол жеткізу үшін үлгілер сәйкесінше бес және үш позицияда өлшенді.[21] деформациядан кейін әрбір үлгі қайтадан калибрмен өлшенді (3.2-сурет).



3.2 Сурет – Әр түрлі орналасу жерлерінен үлгіні деформацияға дейін және кейін өлшемдерін өлшей сұлбасы

Беттік қысу деформациясының жұмыс температурасы жылулық шөгу арқылы өлшенді. Олар үлгінің көлденең бетінің ортасында бұрғыланған тесік арқылы біріктірілді. Деформация әртүрлі температурада жүргізілуі мүмкін. Мысалы, оны 700°C-800°C аралығында жүргізуге болады. Бұл температура диапазоны Fe_3C диаграммасының критикалық аймағына тән және термомеханикалық өңдеу процесіндегі соңғы прокат температураларына тән.[19]

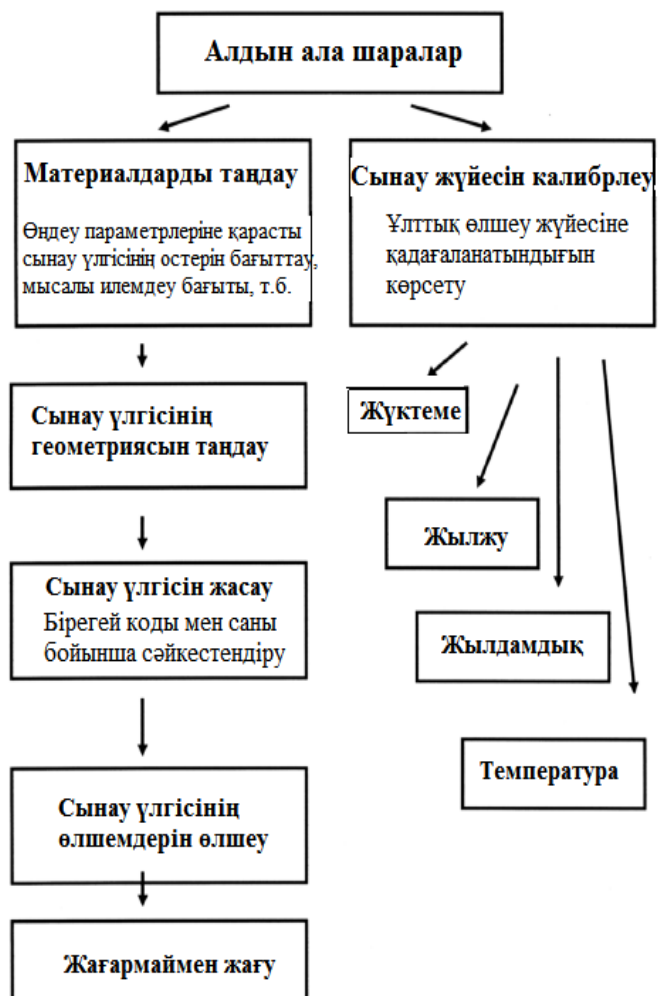
Беттік қысу деформация сынағының бірінші қадамы үлгіні екі минут бойы 13°C/с жылдамдықпен 1050°C дейін қыздыру болып табылады. Содан кейін үлгі оның деформация температурасына дейін салқындатылады және 250с ұсталады. Бұл үлгінің үстінде құрылымның біркелкі қалыптасуына ықпал етеді. Содан кейін үлгі $\varepsilon = 0,3$ [18] деформацияланады, содан кейін ол 10 °C/с жылдамдықпен бөлме температурасына дейін қарқынды салқындатылады. Бүкіл беттің қысу деформациясының процесі сурет. 3.3.

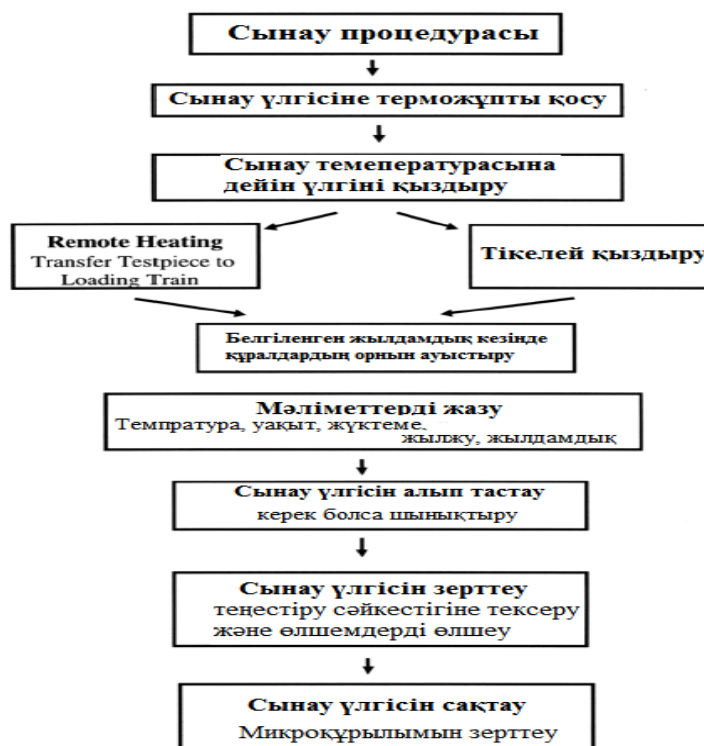


3.3 Сурет - Бетті қысу деформация сынағының сұлбасы

3.3 Сынақ тәртібі мен шарттарын сипаттау

Ыстық жазықтықтың деформациясын басқару принциптері, яғни «изотермиялық қысу сынағы» бірнеше негізгі қадамдардан тұрады. Олар 3.4-3.5-суреттерде көрсетілген.[20]



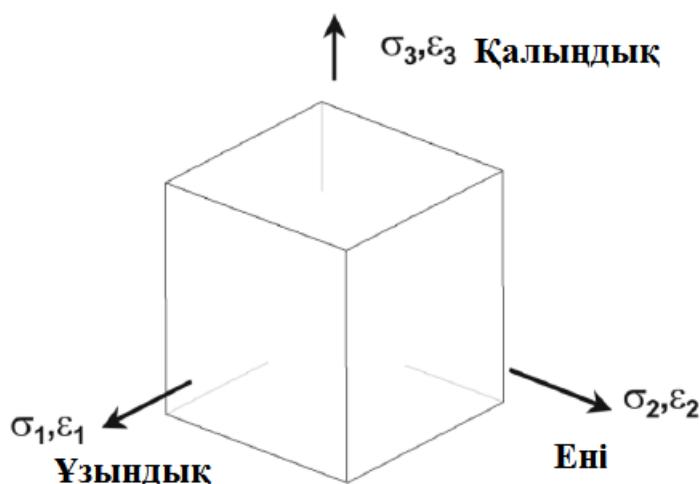


3.4 Сурет – Сынау процедурасының сұлбалық жобасы



3.5 Сурет – Анализ процедурасының сұлбасы

Кернеу күйін анықтау металдағы пластикалық деформацияны талдау үшін қажет. Нүктедегі кернеу күйін нүкте арқылы өтетін өзара перпендикуляр бағытталған үш жазықтықта әсер ететін кернеулерді есептеу арқылы анықтауға болады [25]. Нүктедегі толық кернеулік күйді анықтау кезінде бір жазықтықтағы қалыпты кернеу жазықтықтың бұрышы максимумға жеткенше жоғарылайды, бұл кезде сол жазықтықтағы ығысу кернеуі нөлге дейін төмендейді. Бұл жазықтық максималды қалыпты кернеу деп аталады, ал ең аз орын ауыстыру кернеуі негізгі жазықтықта және жазықтықта әрекет ететін негізгі кернеу болып табылады. Бұл кернеулермен байланысты негізгі штаммдар да бар. Нүктеге қатысты жазықтық пен осьтің бағытын көрсететін диаграмма 3-суретте көрсетілген. Сонымен, нүктедегі кернеулер жүйесін металдың төзімділігін бақылайтын және ε_1 , ε_2 және ε_3 сәйкес негізгі деформацияларға әкелетін үш негізгі кернеу σ_1 , σ_2 , σ_3 арқылы көрсетуге болады. Жазық деформацияны қысу сынағы ε_3 деформация қалыңдығын білдіреді. ε_2 ені бағыттағы деформацияны білдіреді (4.6-суретті қараңыз), ол нөлге тең (жазықтық деформацияға сәйкес) және ε_1 - деформация ұзындығы (4.6-сурет).

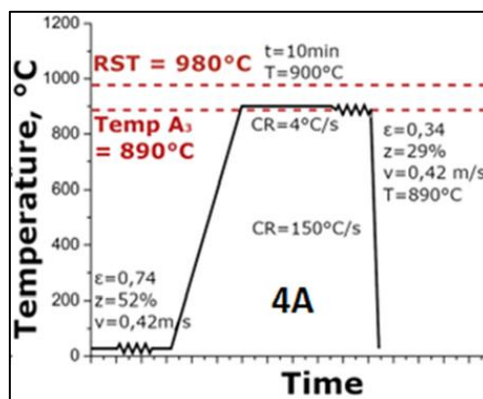


3.6 Сурет - Сынау үлгісінің PSC қатысты кернеу мен деформация осьтерінің сұлбасы

3.4 Төмен легіріленген болатты сынауды моделдеу

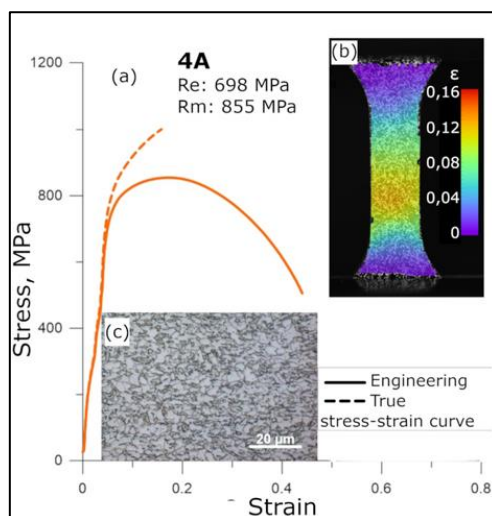
Термомеханикалық өңдеу-бұл шынығу мен термоөңдеуді бір процеске біріктіретін металлургиялық процесс. Осылайша, аустениттегі тиісті температура диапазонындағы деформация тарихы мен салқындату жылдамдығының тиісті комбинацияларын қолдана отырып немесе оның фазалық ауысуы кезінде берілген химиялық құрамы бар микролегіріленген болат үшін күтілетін механикалық қасиеттерді аламыз, олар негізінен Болаттың микроқұрылымына байланысты болады. Әдетте, осы зерттеуде

алынған барлық микроқұрылымдар аз мөлшерде қалдық аустенит, мартенсит және перлит бар феррит-бейинит матрицасынан тұрады. Алайда, алынған материалдар арасындағы негізгі айырмашылықтар жеке құрылымдық компоненттердің мазмұнына және олардың нақты морфологиясына байланысты. Екінші жағынан, механикалық қасиеттердің қолайлы үйлесімі, соның ішінде динамикалық жүктеме жағдайындағы беріктік пен икемділік, термомеханикалық процестердің тікелей нәтижесі болып табылатын құрылымдық гетерогенділіктің нәтижесі болып табылады [22].



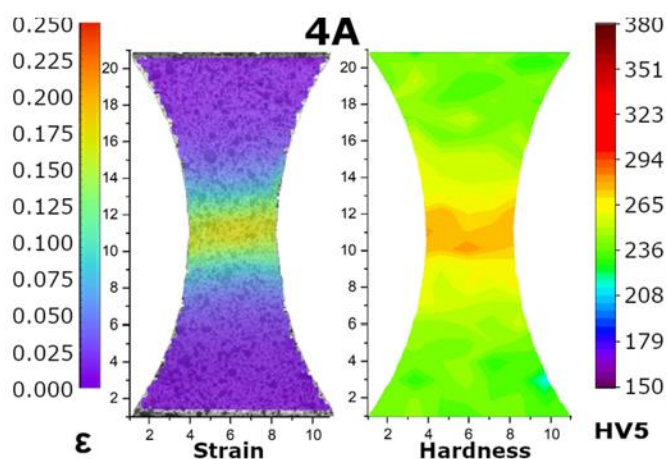
3.7 Сурет - Термомеханикалық өндеудің графигі

Жүргізілген микроқұрылымдық сынақ пен жоғарыда аталған материалды іріктеу критерийі негізінде пластометриялық сынақтар үшін үлгі таңдалды. Зерттеудің бірінші кезеңінде созылуға квазистатикалық сынақтар жүргізілді. Алынған кернеу-деформация қисықтарынан басқа, DIC жүйесін қолдана отырып, деформацияның таралу суреті де алынды. Бұл сынақтар квазистатикалық жүктемелер кезінде сыналған үлгінің механикалық сипаттамаларын анықтауға мүмкіндік берді. DIC жүйесі арқылы созылу және өлшеу нәтижелері 5-суретте көрсетілген. Сынақ алдында үлгілердегі бастапқы микроқұрылымдардың көрінісі де көрсетілген.



3.8 Сурет - DIC жүйесі бойынша созылуға зерттеу нәтижесі

Құрылымдық материалдардың, әсіресе механикалық күйге байланысты әртүрлі жүктеме жағдайларында қолдануға арналған материалдардың маңызды ерекшелігі-олардың өңдеу кезінде беріктенуге бейімділігі. Осы себепті, термомеханикалық илемдеуден кейін осы зерттеуде алынған материалдар жағдайында деформацияның таралуына және қатаю нәтижесінде жеке үлгілердің механикалық реакциясын салыстыруға мүмкіндік беретін сынақтар жүргізілді. Алдымен арнайы пішіннің үлгілері (сурет. 6) жалпы ұзартудың бірдей диапазонымен созылу сынақтарына ұшыраған. Жүктеме кезінде деформацияның таралуын өлшеу деформацияның локализация дәрежесін анықтау үшін DIC жүйесін қолдану арқылы жүргізілді. Содан кейін деформацияланған үлгі әртүрлі микроқұрылымдарды өңдеу кезінде беріктендіру сипаттамаларын бағалау үшін қаттылықты өлшеді. Жүргізілген квазистатикалық созылу сынақт нәтижесі сыналған үлгінің өңдеу кезінде беріктендіру қабілеті басқа металдардан айтарлықтай айырмашылықтарын көрсетеді [22].



3.9 Сурет - Термомеханикалық өңдеу нәтижесінде алынған үлгінің деформация мен қаттылықтың таралу картасы

3.5 Кернеу мен қысымды анықтау есептері

Есептеу үшін келесі 4.1-кестедегі мәліметтер қажет

3.1 Кесте – Бастапқы мәндер

δ (мм)	F (kN)	T (°C)
9,4	0.4	890

Қолда бар деректерге сәйкес деформация нәтижесінде конструкция элементінің көлденең қимасының бойлық ось бағыты бойынша жағдайының өзгеруін, ығысуын есептейміз:

$$\delta_k = \delta_{\text{ном}} - (\delta_{\text{ном}}^{\text{max}} - \delta_{\text{өз}}^{\text{max}})$$

мұндағы: $\delta_{\text{ном}} = \delta$

$$\delta = 9.4 - (9.4 - 0.35) = 0.35 \text{ мм}$$

C_b коэффициентінің тарату мәні үлгі өлшемдерінің өзгеру мәні болып табылады және келесідей формула көмегімен белгіленеді:

$$C_b = \frac{(b_f/b_0) - 1}{1 - (h_f/h_0)^{0.5}} \quad (3.1)$$

мұндағы: $b_f = 36.29$, $b_0 = 31.55$ және $h_f = 3.1$, $h_0 = 10.1$ үлгінің ені мен қалыңдығының бастапқы және соңғы маңызы бар мәндері болып табылады.

$$C_b = 0.5$$

Сәттік енінің мәні келесі формула бойынша есептеледі:

$$b = b_0 [1 + C - C(h/h_0)^{0.5}] \quad (3.2)$$

$$b = 31.55 [1 + 0.5 - 0.5(3.1/10.1)^{0.5}] = 31.2 \text{ мм}$$

Эквивалентті деформацияны есептеу мынадай формула бойынша жүргізіледі:

$$\varepsilon = \frac{2}{\sqrt{3}} [(\varepsilon_2^2 + \varepsilon_2 \varepsilon_3 + \varepsilon_3^2)^{0.5}] \quad (3.3)$$

мұндағы: ε_2 және ε_3 бүйірлі және көлденең салыстырмалы деформациялау болып табылады және мына формулалар бойынша есептеледі:

$$\varepsilon_2 = \ln(b/b_0), \quad (3.4)$$

$$\varepsilon_2 = \ln(31.2/31.55) = 0.00873$$

$$\varepsilon_3 = \ln(h/h_0), \quad (3.5)$$

$$\varepsilon_3 = \ln(10.5/10.1) = 0.031$$

$$\bar{\varepsilon} = 2/\sqrt{3} (0.00873^2 + 0.00873 \cdot 0.034 + 0.034^2)^{1/2} = 0.0356$$

Кернеу мынадай формула бойынша есептеледі:

$$\sigma = 2k/f \quad (3.6)$$

$$\sigma=0.68/1.04=0.65 \text{ МПа}$$

Қажетті қысым:

$$p=L/wb, \quad (3.7)$$

мұндағы: L- төстер ұзындығы;

w – білікшелер ені;

b–қашықтықты түзету бойынша аралық уақыттағы ені [23].

4 СКҚ беріктікке есептеу

4.1 Сақтандыру жүктемесі бойынша беріктігін есептеу

Сорғы-компрессорлық құбырлардың бұрандалы қосылыстары мен құбыр денесі үлкен қысымды өзіне қабылдайды. Бұл күштерді мына формулалармен есептеледі:

$$P_{cm} = \frac{\pi \cdot D_{cp} \cdot B \cdot \sigma_m}{1 + \frac{\eta \cdot D_{cp} \cdot \operatorname{ctg}(\alpha + \phi)}{2 \cdot l}} \quad (4.1)$$

$$D_{cp} = D_{внр} + B \quad (4.2)$$

$$\eta = \frac{B}{(B + S)} \quad (4.3)$$

Мұндағы D_{cp} - құбыр денесінің орташа диаметрі, м;

σ_m – құбыр материалы үшін аққыштық шегі, Па;

$D_{внр}$ – бұрандалы құбырдың ішкі диаметрі, м;

B – бұранда астында дене құбыр қалыңдығы, м;

S - құбырдың номинальді қалыңдығы, м;

α – СКҚ үшін жіп профилінің бұрышы $\alpha = 60^\circ$;

ϕ – үйкеліс бұрышы, болат құбырлар үшін $= 9^\circ$;

l – бұранда ұзындығы, м.

СКҚ бағанына салмағы M жабдықты ілу кезінде максималды созылу жүктемесі

$$P_{max} = g L q + M g \quad (4.4)$$

Мұндағы q – муфталары бар құбырдың кума метрінің салмағы, кг/м. Егерде $P_{ст} < P_{max}$, онда сатылы бағанды есептеледі.

Әр түрлі бағандар үшін түсу тереңдігі тәуелділіктен анықталады:

$$L_1 = \frac{P_{cm1}}{n_1 q_1}; \quad L_i = \frac{P_{cmi}}{n_i q_i} \quad (4.5)$$

Орнына бірдей берік (сыртқа отырғызылған) құбырлар үшін $P_{сті}$ шекті жүктеме анықталады $P_{пр}$

$$P_{пр} = \frac{\sigma_m \pi (D^2 - D_{вн}^2)}{4} \quad (4.6)$$

мұндағы n_1 – беріктік қоры (СКҚ құбырлары үшін $n_1 = 1,3 - 1,4$);

$D_{н}, D_{вн}$ – құбырдың сыртқы және ішкі диаметрі.

Сыртқы және ішкі қысым жағдайында осьтік σ оға қосымша радиалды σ_r және сақиналы σ_θ кернеуге әсер етеді.

$$\sigma_r = -P_b \text{ немесе } \sigma_r = -P_n$$

$$\sigma_\theta = \frac{P_b D_{bH} - P_n D_n}{2S}, \quad (4.7)$$

Мұндағы P_b және P_n тиісінше, ішкі және сыртқы қысым. Ең үлкен тангенциалды кернеулер теориясы бойынша эквивалентті кернеу табылады

$$\sigma_\theta = \sigma_1 - \sigma_3, \quad (4.8)$$

мұндағы σ_1 , σ_3 тиісінше, ең үлкен және ең кіші кернеулер. Әр түрлі жұмыс жағдайлары үшін эквивалентті есептелген кернеуді анықтауға арналған формулалар келесі түрге ие болады:

$$\sigma_\theta = \sigma_o + \sigma_r \text{ кезінде } \sigma_o > \sigma_\theta > \sigma_r$$

$$\sigma_\theta = \sigma_\theta + \sigma_r \text{ кезінде } \sigma_\theta > \sigma_o > \sigma_r$$

$$\sigma_\theta = \sigma_o + \sigma_\theta \text{ кезінде } \sigma_o > \sigma_r > \sigma_\theta$$

Қарастырылған жағдайлардан шығатын болсақ, $P_n > P_b$ кезінде түсетін бағанның максималды ұзындығы аз болады және ол формула бойынша анықталады:

$$L_1 = \frac{P_{cm1} - \frac{P_n D_n \pi D_{cp} B n_1}{2S}}{n_1 q_1} \quad (4.9)$$

мұндағы n_1 – беріктік қоры = 1,15.

Циклдік жүктемелерге әсер етпеген кезде стратегиялық жүктеме мен шаршауға тексеру жүргізіледі. Ең үлкен және ең кіші жүктемелер анықталады, олар бойынша ең үлкен, ең кіші және орташа кернеу σ_m , ал олар бойынша – симметриялық циклдің амплитудасы (σ_a) анықталады. ($\Sigma-1$) - симметриялық созылу – қысу циклі кезінде құбыр материалының төзімділік шегі беріктік қорын анықтайды:

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{\kappa_\sigma \sigma_a + \psi_\sigma \sigma_m} \quad (4.10)$$

мұндағы σ_{-1} – симметриялық созылу – қысу циклі кезіндегі құбыр материалының төзімділік шегі;

k_{σ} – кернеу концентрациясын, масштабты факторды және бөлік бетінің күйін ескеретін коэффициент;

Ψ_{σ} – материалдың қасиеттерін және бөлікті жүктеу сипатын ескеретін коэффициент.

Д беріктік тобының Болат үшін төзімділік шегі атмосферада сынау кезінде 31 МПа және теңіз суында 16 МПа құрайды. Коэффициент Ψ_{σ} – 0,07...0,09 беріктік шегі бар материалдар үшін σ_n – 370...550Мпа мен Ψ_{σ} – 0,11...0,14 – материалдар үшін σ_n – 650...750МПа.

СКҚ тіреуі кезінде пакер және түбі бойынша қысатын жүктеме .

СКҚ бағанының түбін тіреген кезде немесе пакерде құбырлардың бойлық иілісі пайда болуы мүмкін. Құбырларды бойлық иілуге тексерген кезде критикалық қысу жүктемесі, ұңғымадағы құбырлардың қатып қалу мүмкіндігі және қисық бөліктің беріктігі анықталады.

Егер рұқсат етілген критикалық жүктеме болса, НКТ бағаны қысу жүктемелеріне төтеп береді $P_{кр} > P_{уст} n_{ус}$, мұнда:

$$P_{кр} = 3,5^3 \sqrt{EJ\lambda^2 q^2 g^2}$$

мұндағы 3,5 – покердегі СКҚ колоннасының қысылуын ескеретін коэффициент;

J – құбырдың көлденең қимасының инерция моменті

$D_n, D_{вн}$ – құбырдың сыртқы және ішкі диаметрі, әр түрлі диаметрлі секциялардан тұратын СКҚ бағанымен, төменгі бөліктің өлшемдері, біздің жағдайда параметрлер ескеріледі $d_{нкт}$.

λ – сұйықтықтағы құбырлардың салмағын азайтуды ескеретін коэффициент,

$$\lambda = 1 - \frac{P_{жс}}{P_{сн}} \quad (4.11)$$

мұндағы q – ауадағы муфталары бар құбырлардың бір шарша метрінің салмағы, кг/м;

$D_{обс.вн}$ – қоршау бағанасының ішкі диаметрі, м.

Егер теңсіздік орындалса $P_{уст} > P_{I_{max}}$ - ұңғымада құбырлар қатып қалады, мұнда $P_{I_{max}}$ – құбыр бағанының жоғарғы ұшындағы қысу күшінің кез келген ұлғаюымен кенжарға әсер ететін шекті жүктеме.

Құбырларды үлкен ұзындықта бұғу кезінде иілген құбырлар корпусқа үйкелуіне байланысты ілінуі мүмкін. Бұл жағдайда иілген бағанның барлық салмағы пакерге берілмейді. Бұл жағдайда, егер колоннаның жоғарғы ұшында қысу күшін шексіз көбейтсе, онда НКТ бағанымен кенжарға берілетін жүктеме мәннен аспайды

$$P_{1;oo} = \lambda I q \zeta_{1;oo} \quad (4.12)$$

$$\text{мұндағы } \zeta_{1;\infty} = \frac{1}{a \frac{e^{2a} + 1}{e^{2a} - 1}} \quad a = 0,5I \sqrt{\frac{\int r \lambda q}{EJ}},$$

α – қатып қалу параметрі;

f – парафирленбеген бағандағы шөгінді баған бойынша СКҚ үйкеліс коэффициенті (есептеулер үшін $f = 0,2$ қабылдауға болады);

r – СКҚ және шегендеу бағанасы арасындағы радиалды саңылау;

I – бағанның ұзындығы, ұңғымалар үшін $I = H$.

Егер бағанның ұзындығын көбейтсек, онда $\alpha \rightarrow \infty$, $\zeta_{1;\infty} \rightarrow 1/\alpha$ мен СКҚ бағанымен кенжарға берілетін шекті жүктемені аламыз:

$$P_{1\max} = 2 \sqrt{\frac{\lambda q E J}{\int r}} \quad (4.13)$$

Бағанның бос жоғарғы ұшында СКҚ ($I = H$) кенжарға СКҚ беретін жүктеме:

$$P_{1,0} = \lambda q H \zeta_{1;0} \quad (4.14)$$

$$\text{мұндағы } \zeta_{1;0} = \frac{1}{a \frac{e^{2a} - 1}{e^{2a} + 1}}.$$

СКҚ бағанының қисық бөлігі үшін беріктік шарты келесі түрде жазылады:

$$P_{1\text{сж}} \left(\frac{1}{F_0} + \frac{r}{2W_0} \right) \leq \frac{\sigma_m}{n} \quad (4.16)$$

мұндағы F_0 – құбырлардың қауіпті қимасының ауданы, м^2 ;

W_0 – құбырлардың қауіпті қимасының осьтік кедергі сәті, м^3 ;

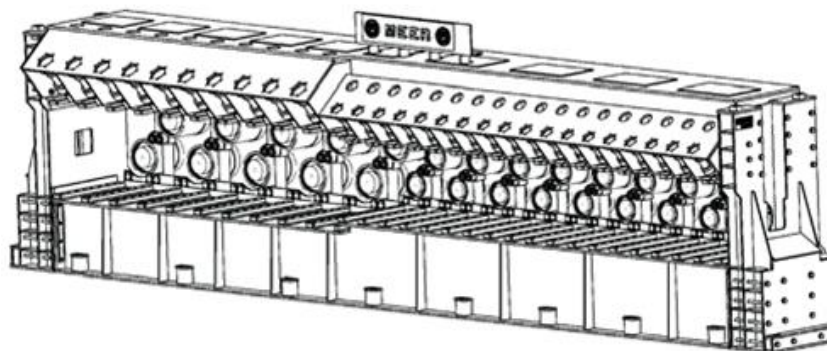
$P_{1\text{сж}}$ – құбырлардың қисық бөлігіне әсер ететін осьтік күш, МН;

σ_m – құбыр материалының аққыштық шегі, МПа;

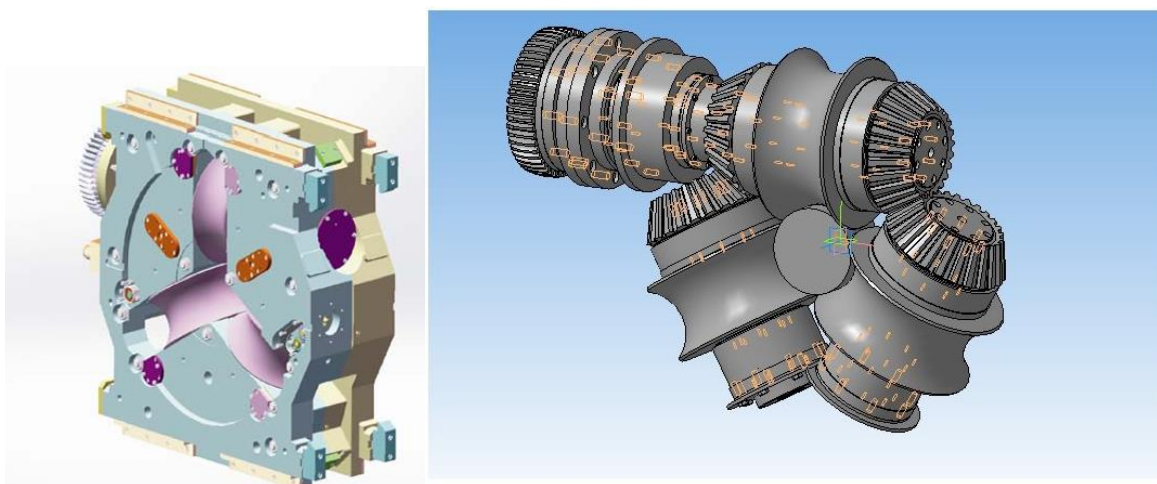
n – тең қабылданған беріктік қоры 1,35.

5 Термомеханикалық өндеу процесін моделдеу

Редукциялық илемдеу орнағы - бұл үздіксіз жұмыс істейтін және дәйекті орналастырылған ұяшықтардан (28-ге дейін) тұратын жабдық (сурет. 1). Клеттерде дөңгелек калибрді құрайтын үш орам бар (сурет. 2). Үш білікті клеттер 180 градус бұрышта қисайған. бір-біріне, бұл дәлірек құбыр алуға мүмкіндік береді. Ұяшықтар арқылы калибрлердің дәйекті азаюы нәтижесінде прокат құбырының диаметрі азаяды (сурет. 3); қабырғаның қалыңдығы артуы, азаюы немесе өзгеріссіз қалуы мүмкін. Құбыр диаметрінің жалпы төмендеуі (төмендеу дәрежесі) 70% немесе одан да көп болуы мүмкін. Мұндай станоктың қондырғыда болуы оның өнімділігін арттыруға, агрегаттардың өлшемді ассортиментін кіші диаметрлі және ұзын құбырларды алу бағытында кеңейтуге көмектеседі. Азайту және созу диірмендері кернеумен жұмыс істейді және кішкентай диаметрлі жұқа қабырғалы құбырларды алуға арналған. Кернеумен редукциялау кезінде құбыр диаметрінің 75-80% - ға азаюына және қабырға қалыңдығының 35-40% - ға азаюына қол жеткізіледі. Диірмен үш негізгі қозғалтқышты және үш суперпозициялық қозғалтқышты қамтитын дифференциалды-топтық жетекпен жабдықталған (5.1-сурет).



5.1 Сурет - Илемдеу орнағының жалпы түрі (клеттер орнатылмаған)



5.2 Сурет - Редукциялық-созылу орнағының прокат клеті (SolidWorks бағдарламалық пакетінде жасалған)



I-клет нөмірі; D_i -i-клеттен кейінгі құбыр диаметрі; S_i -i-клеттен кейінгі құбыр қабырғасының қалыңдығы

5.3 Сурет - Редукциялық-созылу орнағында прокаттау процесінің схемасы:

Модельді құру үшін бастапқы деректер ретінде $\varnothing 88,9 \times 8$ бойынша DIN 1629 стандарт $\varnothing 140$ мм және нақты өндіріс жағдайында станды баптау үшін прокаттау кестесінен алынған параметрлер пайдаланылды:

5.1 Кесте – Прокаттау параметрлері

Дайын құбырдың мөлшері, мм:	
сыртқы диаметрі	88,9
қабырға қалыңдығы	8
Шығарғыш қондырғыдан кейінгі құбырдың мөлшері (PPC-қа кіру), мм:	
сыртқы диаметрі	
қабырға қалыңдығы	118
Шығарғыш қондырғыдан кейінгі құбырдың мөлшері (PPC-қа кіру), мм:	8,14
Бірқатар қысқыштар	АО
Сору коэффициенті	1,24
PPC кіре берістегі құбырдың температурасы, С	890
PPC кіре берістегі құбыр жылдамдығы, м/с	1
Үйкеліс коэффициент	0,4
Болат маркасы	13Cr

АО қысу сериясы дайын құбырдың берілген өлшемдерін алу үшін қажет ұяшықтардың жалпы санын және әр калибр үшін орамдардың жұмыс бетінің геометриясын анықтайды. Бұл жағдайда алты ұяшық қолданылады.

Көлемді модель SolidWorks бағдарламалық пакетінде жасалды (сурет. 5.4). Содан кейін алынған модель DEFORM - 3D бағдарламалық жасақтамасына жүктелді, онда кірістер орнатылып, прокаттау процесі модельденді.

Редукциялық станоктарды жобалау мен пайдалану кезінде, сондай-ақ прокаттау процесін модельдеу кезінде туындайтын негізгі міндеттердің бірі жылдамдық режимдерін есептеу (орамдардың төңкерістерін клеттер бойынша бөлу) болып табылады. Машинаны дұрыс орнату қажетті қабырға қалыңдығы

бар құбырларды алуды, тұрақты төмендету процесін, клеттерді біркелкі жүктеуді қамтамасыз етеді.

Прокаттаудағы жылжымалы жылдамдық режимдері автоматты түрде Carte SRM жүйесінің бағдарламалық модулімен есептеледі.

Жылдамдық параметрлерін теориялық есептеу және тиісті модель құру үшін біз дифференциалды-топтық жетегі бар редукциялық қондырғылардың жылдамдықты параметрлерін анықтау әдісін және үздіксіз илемдеу процесін анықтайтын үш физикалық теңдеуді қолдануға негізделген ВНИИМЕТМАШ-та әзірленген техниканы қолданамыз:

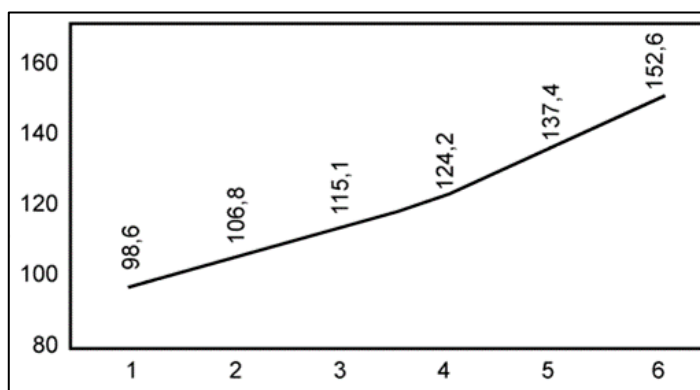
- құбырға әсер ететін күштердің тепе-теңдігі;
- құбыр қабырғасының қалыңдығы өзгеруінің деформация және керілу ошағының параметрлеріне тәуелділігі;
- тұрақтылық секундтық көлемін.

Бірінші клетте қысылғаннан кейін құбыр қабырғасының қалыңдығының шамалы өзгеруіне байланысты пластикалық керілу коэффициентін қабылдаймыз, $\beta = 0$. Осы болжамды ескере отырып, біз бірінші клеттің орамдарының айналу жылдамдығын анықтаймыз. [8] әдісі бойынша қалған бес ұяшықтың жылдамдығын есептейміз.

5.2 Кесте - Орамдардың есептік айналу жиілігі

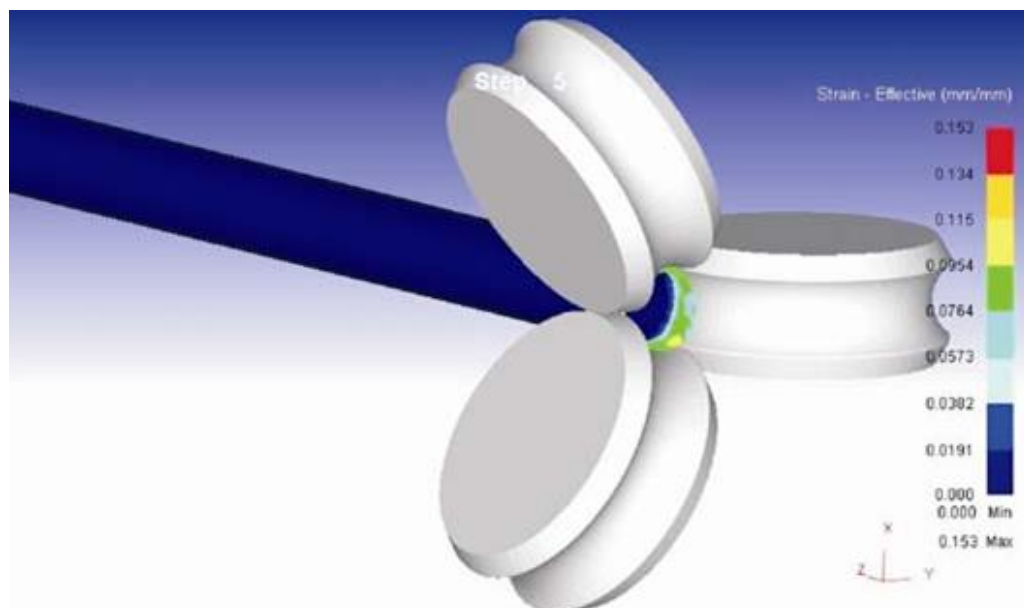
Ұяшық нөмірі	Айналу жиілігі, айн/мин
1	98,6
2	106,8
3	115,1
4	124,2
5	137,4
6	152,6

Есептелген деректерді салыстыру (сурет. 6) қолданыстағы диірмен жетегінің жұмыс ауқымымен (сурет. 7), олар осы кезеңге кіреді және CARTA SRM жүйесінің модулімен есептелген нақты мәндерге жақындайды деп қорытынды жасауға болады.



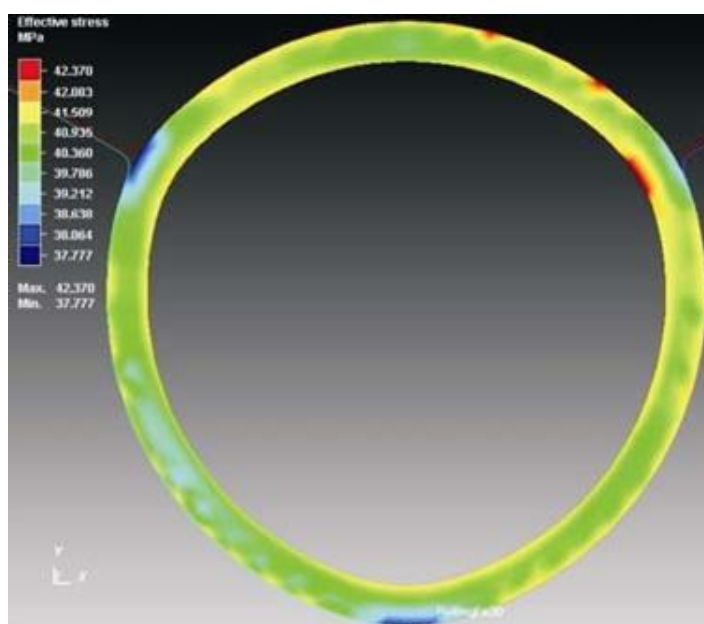
5.4 Сурет - Айналымдар санының есептік қисығы

Процесті модельдеу металдың калибрлердегі әрекетін анықтауға және деформация ошағының кернеулі күйінің суретін алуға мүмкіндік берді (сурет. 8, 9).

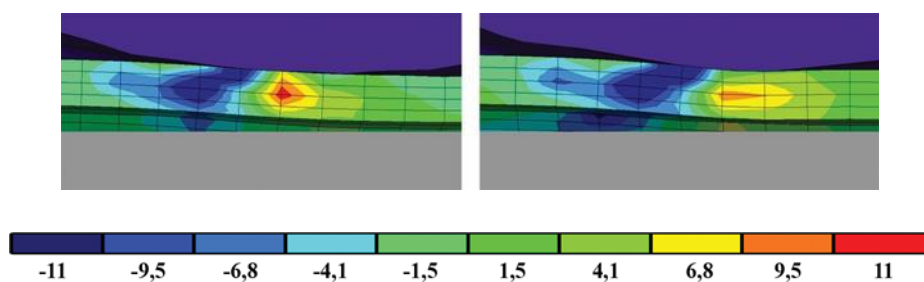


5.5 Сурет – Илектену білікшелерімен ұстап алу кезінде дайындамада пайда болатын кернеулер

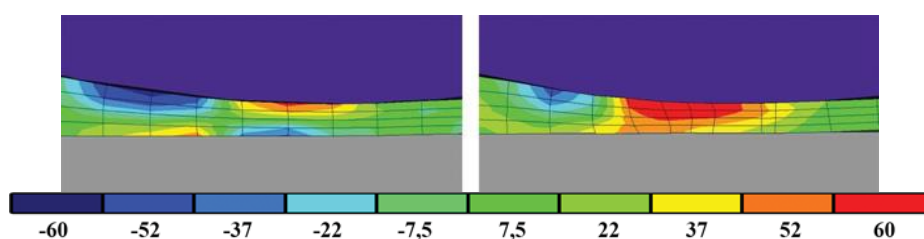
Модельді талдау модельдеу арқылы алынған құбырдың геометриясын диірмен жағдайында илектелген құбырмен салыстыруға мүмкіндік берді (кестені қараңыз). Өлшемдердің ауытқуы 4% аспайды. Беткі ақаулар анықталған жоқ.



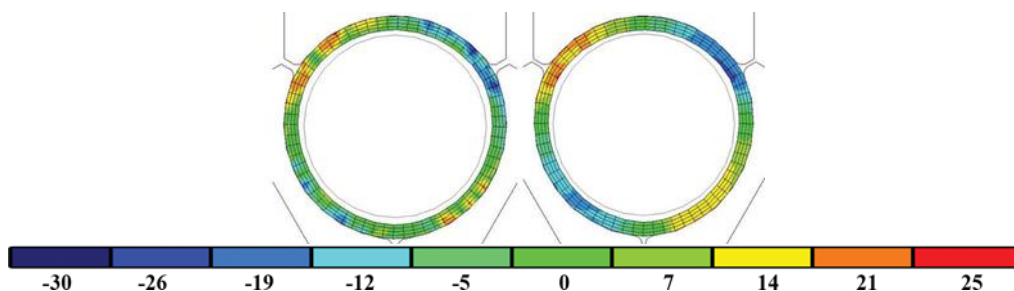
5.6 Сурет - Бірінші клеттің деформация ошағындағы тиімді кернеу (максималды кернеу 42,37 МПа, минималды — 37,77 МПа)



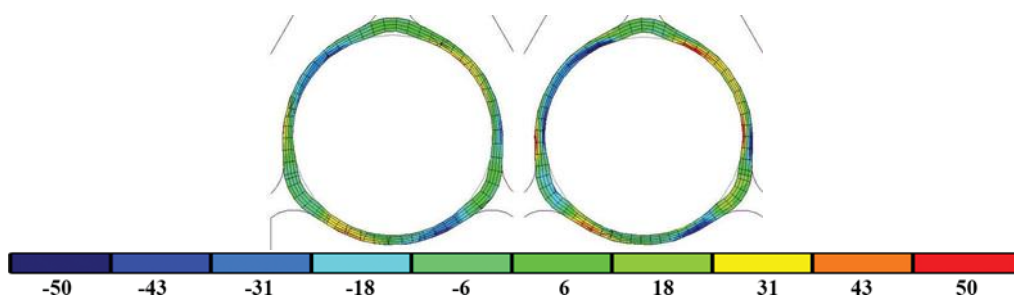
5.7 Сурет - VRS алдын ала сығу клетінің деформация ошағының бойлық қимасындағы кернеу



5.8 Сурет - № 1 клеттің деформация ошағының бойлық қимасындағы кернеу



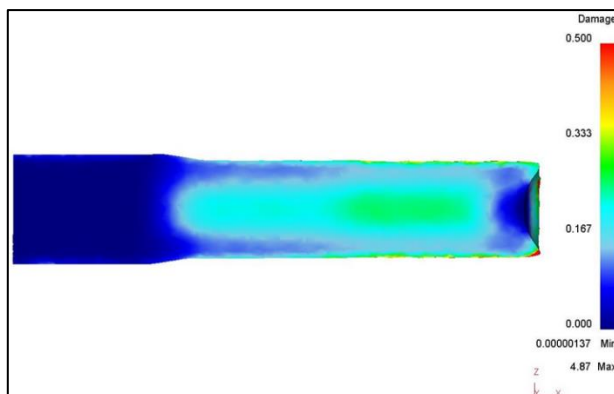
5.9 Сурет - VRS алдын ала сығу клетінің деформация ошағының көлденең қимасындағы кернеу



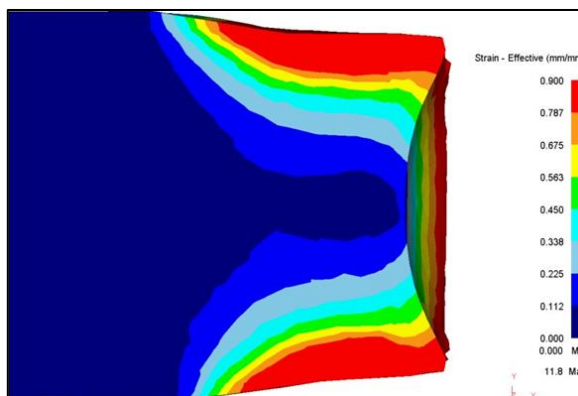
5.10 Сурет - № 1 клеттің деформация ошағының көлденең қимасындағы кернеу

Кокрофт-Лейтемнің қалыпты бұзылу критерийінің мәні неғұрлым көп болса , соғұрлым жойылу ықтималдығы жоғары болатыны белгілі. 5.12-

суретке сәйкес үш білікті илемдеу кезінде жойылуы мүмкіндігі 0 ден 0,3 тің аралығында.



5.11 Сурет – Үш білікті прокаттау кезінде 13Cr болаттан жасалған дайындаманың бойлық қимасындағы Кокрофт-Лейтемнің бұзылуының қалыпқа келтірілген критерийінің мәндерін бөлу



5.12 Сурет - DEFORM модельдеу нәтижелері бойынша үш білікті Илемдеудің стационарлық емес сатысында деформация қарқындылығының мәндерін бөлу

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде термомеханикалық өңдеуді редукциялық илемдеу станогында жасаған оңтайлы. Себебі редукциялық станокта термомеханикалық өңдеуге жеткілікті деформацияны және станокқа құбырдың алдын-ала қыздыруының арқасында бізге қажетті температура бере алуында. Редукциялық станоктан кейін тек суыту қарқындылығын өсіруді қажет етеді.

Термомеханикалық өңдеуге құбырды редукциялық станокқа кірер алдын 890 °C-қа дейін қыздырылып, 0.42 м/с жылдамдықпен 14 клеттен тұратын редукциялық станокқа беріледі. Редукциялық станоктан шыққан құбыр 150 °C /с жылдамдықпен су бұрқақтармен суытылады. Осы режиммен өңделген сорғы-компрессорлық құбыр материалы мынандай механикалық қасиеттерге ие болды: $\sigma_{ақ.ш} = 698$ МПа, $\sigma_{қар} = 855$ МПа, $\varepsilon = 12\%$

ҚОРЫТЫНДЫ

Басқа деформациялық процестермен салыстырғанда термомеханикалық өңдеу процесінің басты артықшылығы материал құрылымының түзілуін басқару мүмкіндігі болып табылады. Осыған байланысты шығарманың әдеби шолуында айтылған мәселе ерекше атап өтілді. Бұл өңдеу әдісі терең зерттелмеген. Сондықтан мысал ретінде термомеханикалық өңдеу процесін зерттеудің негізгі тәсілдері келтірілді. Мұнда арнайы өңдеу машинасы мен сынақ бөліктері көрсетілген.

Осы мақсатты орындау барысында компьютерлік модельдеу және есептеулер арқылы жұмыста мұнай-газ саласында қолданылатын сорғы-компрессорлық құбырлардың бір нұсқасы қарастырылды. Мұнда қазіргі заманғы модельдеуде ең дамыған SolidWorks бағдарламасы пайдаланылды. Мұның себебі компьютерлік модельдеу зертханалық зерттеулер жүргізілмес бұрын жүзеге асырылады. 13Cr материалы бар болаттан жасалған сорғы-компрессорлық құбырлардың беріктік қасиеттері жоғарылағаны көрсетілген.

Осылайша, бөлшектер мен материалдардың термомеханикалық өңдеу тиімділігі басқа өңдеу процестерімен салыстырғанда экономикалық тұрғыдан жоғары. Бұл өңдеу жұмсалатын қуаттың төмендеуіне әкеледі және ешқандай схемалық өзгерістер талап етпейді. Болаттың беріктігі жоғарылаған сайын сорғы-компрессорлық құбырдың тозуға төзімділігі артады. Сондықтан мұнай-газ саласындағы жабдықтардың жоғары беріктікті талап ететін бөлшектері мен корпустарын өңдеу мен өндіруде термомеханикалық өңдеу процесін қолдану тиімді болады.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Григорьев А.К., Коджаспиров Г.Е. Термомеханическое упрочнение стали в заготовительном производстве — Л.:«Машиностроение», 1985
- 2 Бернштейн М.Л. и др. Термомеханическая обработка стали. Металлургия 1983., 480с.
- 3 Ұ.Қ.Кәкімов, Р.К.Алтынбек. С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің ғылым жаршысы(пәнаралық). №3(86), 72-78 бет. Астана 2015.
- 4 B.K. Panigrahi Processing of low carbon steel plate and hot strip – an overview, Bull. Mater. Sci., Vol. 24, No. 4, August 2001, pp. 361–371.
- 5 Л.М.Капуткина, В.Г.Прокошкина, А.Г.Свяжин, и др. Упрочнение микролегированных азотом среднеуглеродистых конструкционных сталей при ВТМО с деформацией радиально-сдвиговой прокаткой // Металловедение и термообработка, 2011, №6, стр.18-23.
- 6 M.-C. Zhao, K. Yang, Y. Shan The effects of thermo-mechanical control process on microstructures and mechanical properties of a commercial pipeline steel, Materials Science and Engineering A335 (2002), pp. 14–20.
- 7 L. Lan, C. Qiu, D. Zhao, X. Gao Microstructural Evolution and Mechanical Properties of Nb-Ti Microalloyed Pipeline Steel, Journal of iron and steel research, international. 18(2), (2011), pp. 57-63.
- 8 I. Tamura et al. Thrmomrchanical processing of high-strength low-alloy steels, Butterworths, London, 1988
- 9 Биргер И.А., Иосилевич Г.Б. Расчет на прочность деталей машин. Справочник.. - М.: Машиностроение, 1993г, 639с.
- 10 Беришвили Т.К., Жордания И.С., Лежава О.А., Никулин А.Н. Влияние масштабного фактора на пластическое течение металла при поперечновинтовой прокатке// Сообщ. АН Груз. СССР. 1983. Т. 110. №3. С. 561-564
- 11 Лисицын А. И. ,Остренко В. Я. Моделирование процессов обработки металлов давлением (Оптические методы). Киев, Техника, 1976. -208 с., ил.
- 12 Потапов И.Н., Коликов А.П., Друян В.М. Теория трубного производства. Москва: Металлургия, 1991. – 424 с.
- 13 Siebel R. Deformation in Plastic State. Stahl und Eisen, Dusseldorf, 1932, p. 86.
- 14 Тетерин П.К. и др. В сб. «Технический прогресс в трубном производстве» Изд-во «Металлургии», 1965, с. 152.
- 15 Ф.А. Данилов, А.З. Глейберг, В.Г. Балакин. Производство стальных труб горячей прокаткой. М.: Металлургиздат, 1954 г., 616 с.
- 16 Rolling-mills.ru. (2017). Оборудование для черновой прокатки (обжатия) сортовых заготовок. [online] Available at:

17 http://www.rollingmills.ru/equip_for_roughing.php [Accessed 17 Aug. 2017].

18 Король А.В., Выдрин А.В., Широков В.В. Компьютерное моделирование процесса прошивки в стане винтовой прокатки с бочковидными валками. Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». 2015. Т. 15, №2, с. 68-74.

19 Пьянков, Б.Г. А.В. Выдрин, В.В. Широков, Е.В. Храмков. Исследование непрерывной продольной прокатки труб на основе физического и математического моделирования / Сталь. – № 6. – 2014. – С. 67-69

20 Выдрин, А.В. Технологии и оборудование для изготовления горячепрессованных труб: учебное пособие / А.В. Выдрин, Я.И. Космацкий, Е.В. Храмков. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 103 с.

21 Храмков, Е.В. Влияние температурно-деформационных режимов на свойства стали 20Х13 / Е.В. Храмков // XV международная научно-техническая уральская школа-семинар металлургов - молодых ученых: сб. науч. тр. – Екатеринбург, 2014. – С. 153-156.

22 Храмков, Е.В. Разработка технологии производства труб из стали типа 13Cr в хладостойком исполнении / Е.В. Храмков // Инновационные процессы обработки металлов давлением: фундаментальные вопросы связи науки и производства: материалы II международной научно-практической конференции – Магнитогорск, 2016. – С. 3-4.

23 Смирнов, М.А. Высокотемпературная термомеханическая обработка высокохромистых сталей, применяемых в нефтегазовой промышленности / М.А. Смирнов, И.Ю. Пышминцев, К.А. Лаев, Е.В. Храмков, А.М. Ахмедьянов // Физика прочности и пластичности материалов: сб. тезисов XIX Международной конференции – Самара, 2015. – С. 168.

24 Храмков, Е.В. Исследование влияния температурно-деформационных режимов на хладостойкость стали 20Х13 / Е.В. Храмков, А.М. Ахмедьянов, К.А. Лаев, А.В. Выдрин, М.А. Смирнов // Трубы-2014: сб. науч. тр. – Челябинск, 2014. – С. 274-277.

25 Bogatov A., Nukhov D., Toporov V. Simulation of Rotary Piercing Process // Metallurgist. 2017. Т. 61. № 1-2. С. 101-105.

РЕЦЕНЗИЯ

Магистрлік диссертацияға
(жұмыстың аты)

Абдусантов Сеиткасим Эржигитугли
(магистранттың А.Ж.Т.)

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

Тақырыбы: Термомеханикалық өңдеу кезінде төмен легіріленген болаттарды беріктікке зерттеу

1. Графикалық/демонстрациялық бөлімі 13 слайдта
2. Магистрлік диссертацияның жазбаша түсініктемесі - 51 бетте

Магистрант Абдусантов Сеиткасим Эржигитугли, мұнай-газ саласындағы негізгі жабдықтың бірі – сорғы-компрессорлық құбырды таңдап, оның беріктігін арттыру үшін термомеханикалық өңдеу режимін есеп, зерттеу жүргізген.

Сорғы-компрессорлық құбырдың конструкторлық сызбалары, схемалары және характеристикасы көрсетілген. Оған қоса құбырларға термомеханикалық өңдеу жүргізетін жабдықтың схемасы көрсетілген.

Диссертацияда термомеханикалық өңдеу жүргізуге арналған негізгі параметрлері есептелген. Есептеу нәтижесі бойынша термомеханикалық өңдеу арқылы құбырдың беріктігін едәуір көбейтуге болады.

Диссертациялық жұмыста сорғы-компрессорлық құбыр жасайтын төмен легіріленген 13Cr болатына термомеханикалық өңдеу жасалып, заманауи компьютерлік бағдарламада беріктіке зерттеу жүргізілген. Бұл тақырып 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 нормативті 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 Абдусантов Сеиткасим Эржигитугли біліктілігі мен ғылыми деңгейі «Техника ғылымдарының магистрі» атаққа лайық, ал оның диссертациясы – «90%» - пайызбен бағалауға болады.

Рецензент
МБА «ҚАЗҰТУ» Бас директоры
Канатбаев М.А.
(Қолы)
2022 ж.

**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: Абдусантов С.Э.

Тақырыбы: Термомеханикалық өңдеу кезінде төмен легірленген болаттарды жоғары беріктікке зерттеу

Жетекшісі: Касым Елемесов

1-ұқсастық коэффициенті (30): 8.3

2-ұқсастық коэффициенті (5): 3.8

Дәйексөз (35): 0.2

Әріптерді ауыстыру: 65

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 3

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



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Сейдахметова Акерке Нұржанкызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Ұзақ жұмыс істеу үшін бұрғылау сорабының гидравликалық бөлігінің манжетті тығыздағышының параметрлерін зерттеу

Научный руководитель: Касым Елемесов

Коэффициент Подобия 1: 2.2

Коэффициент Подобия 2: 0.3

Микропробелы: 1

Знаки из других алфавитов: 4

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

Заведующий кафедрой

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Абдусайтов С.Э.

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Термомеханикалық өңдеу кезінде төмен легіріленген болаттарды жоғары беріктікке зерттеу

Научный руководитель: Касым Елемесов

Коэффициент Подобия 1: 8.3

Коэффициент Подобия 2: 3.8

Микропробелы: 3

Знаки из других алфавитов: 65

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

Исмаилов А.С.

проверяющий эксперт