

«Қарағанды индустриялық университеті» КеАҚ

ӘОЖ 669.184.244

Қолжазба құқығында

## **ЖАСЛАН РЫМГҮЛ ҚУАТҚЫЗЫ**

**Темір-көміртекті негіздегі инновациялық технологияларды пайдалана отырып, металл өнімдерінің балқытылу технологиясын жетілдіру және сапасын арттыру**

6D070900 – Metallургия

Философия докторы (PhD)  
дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация

Ғылыми кеңесшілер:

Жаутиков Бахыт Ахатович  
техника ғылымдарының докторы,  
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық  
техникалық зерттеу университеті»  
КеАҚ-ның профессоры, Алматы қ.

Романов Виктор Иванович  
техника ғылымдарының кандидаты  
«Қарағанды индустриялық университеті»  
КеАҚ-ның доценті, Теміртау қ.

Бабенко Анатолий Алексеевич  
техника ғылымдарының докторы,  
Ресей Ғылым Академиясының  
Орал филиалының металлургия  
институтының профессоры,  
Ресей Федерациясы, Екатеринбург қ.

Қазақстан Республикасы  
Теміртау, 2023

## МАЗМҰНЫ

|   |          |
|---|----------|
| <b>НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР</b>   | 4        |
| <b>АНЫҚТАМАЛАР</b>  | 5        |
| <b>БЕЛГІЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР</b>   | 8        |
| <b>КІРІСПЕ</b>  | 9        |
| <b>1 МЕТАЛЛ ЕМЕС ҚОСЫНДЫЛАРДЫҢ ТӨМЕН<br/>КОНЦЕНТРАЦИЯСЫ БАР ЖОҒАРЫ САПАЛЫ БОЛАТ<br/>ӨНДІРІСІНІҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ</b> | 13       |
| 1.1 Болат балқыту кезінде соңғы металдың тотығуын талдау  | 13       |
| 1.2 Металл емес қосындылардың металл өнімдерінің сапасына әсері   | 19       |
| 1.3 Болаттағы металл емес қосындылардың үлесін төмендету жөніндегі іс-шаралар                                       | 29       |
| 1.4 Қожды бөлуге арналған қолданыстағы құрылғыларды талдау<br>1 тарау бойынша қорытынды                             | 38<br>44 |
| <b>2 2 ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ</b>   | 46       |
| 2.1 Зерттеу объектісі   | 46       |
| 2.2 Статистикалық зерттеу әдістемесі  | 47       |
| 2.3 Болаттағы металл емес қосындыларды металлографиялық зерттеу   | 50       |
| 2.4 Дайын өнімнің сапасын квалиметриялық бағалау әдістемесі   | 51       |
| 2.5 Жаңа техника мен технологияны енгізудің экономикалық тиімділігін есептеу әдістемесі                             | 55       |
| 2.6 Конвертерлі балқытуды басқару жүйесін математикалық модельдеу әдістемесі<br>2 тарау бойынша қорытынды           | 56<br>61 |
| <b>3 МЕТАЛДАН ҚОЖДЫ БӨЛУ БОЙЫНША ІС-ШАРАЛАР</b>   |          |
| 3.1 Металлургиялық балқымаларды бөлу үшін іс-шараларды әзірлеу  | 62       |
| 3.2 Конвертер моделін қолдана отырып болат шығару процесін модельдеу<br>3 тарау бойынша қорытынды                   | 64<br>67 |
| <b>4 ЖОҒАРЫ САПАЛЫ БОЛАТ ӨНДІРУ ЖӨНІНДЕГІ ІС-<br/>ШАРАЛАР КЕШЕНІ</b>  | 69       |
| 4.1 Қожды металдан бөлуге арналған қосымша бөлу құрылғысын жасау  | 69       |

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 4.2 | Ыстық конвертер моделін қолдана отырып, болат шығару процесін модельдеу   | 70 |
| 4.3 | «АМТ» АҚ жағдайында конвертерден металды болат құю шөмішіне шығару кезінде ұсынылатын құрылғыны сынақтан өткізу | 73 |
| 4.4 | Ұсынылған іс-шаралардың экономикалық тиімділігін есептеу  | 79 |
|     | 4 тарау бойынша қорытынды   | 80 |
|     | <b>ҚОРЫТЫНДЫ</b>  | 83 |
|     | <b>ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ</b>  | 86 |
|     | <b>ҚОСЫМША А – Техникалық сараптама актісі</b>  | 92 |
|     | <b>ҚОСЫМША Ә– Енгізу туралы акт</b>   | 94 |
|     | <b>ҚОСЫМША Б – Өнертабысқа патенттер</b>  | 96 |

## **НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР**

Бұл диссертациялық жұмыста келесі стандарттарға сәйкес сілтемелер қолданылған:

«Дәрежелерді беру қағидаларын бекіту туралы» Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрінің 2011 жылғы 31 наурыздағы № 127 бұйрығы;

«Білім берудің барлық деңгейінің мемлекеттік жалпыға міндетті білім беру стандарттарын бекіту туралы» Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрінің 2018 жылғы 31 қазандағы № 604 бұйрығы;

МемСт 7.32-2017 – Ақпараттық, кітапханалық және басылымдық стандарттар жүйесі. Ғылыми-зерттеу жұмысы туралы есеп. Құрылым және рәсімдеу ережелері; МемСт Р 15.011-2005 – Өнімдерді әзірлеу және өндіру жүйесі. Патенттік зерттеу. Мазмұны мен тәртібі;

МемСТ 4967-2015 - Болат. Металл емес қосындылардың мөлшерін анықтау. Анықтамалық шкалаларды қолданатын металлографиялық әдіс.

## АНЫҚТАМАЛАР

Бұл диссертациялық жұмыста келесі терминдерге сәйкес анықтамалар мен аудармалар қолданылған:

Аралық шөміш - негізгі құйғыш шөміштен құйылған металдың жылдамдығын реттеу үшін пайдаланатын, көлемі онша үлкен емес шөміш; құйғыш шөміш мен форманың, құйымқалыптың немесе кристаллизатордың арасына орнатылады.

Блюм (ағыл. blom) - металлургиялық өндірістің жартылай өнімі - қабырғасы 140 мм-ден жоғары, қимасы шаршы, құйымды блюмингте таптаумен немесе сұйық металдан ДҮҚМ-да алынатын болат дайындама.

Болатқұйғыш шөміш - металлургиялық агрегаттарынан сұйық болатты қабылдауға, тасымалдауға және оны құйымқалыптарына немесе ДҮҚМ-ның кристаллизаторына құюға арналған шөміш.

Болатты вакуумдау - кәдімгі әдістермен балқытып алынған сұйық болатты газсыздандыру және оттектендіру мақсатымен, оны вакуум астында уақытша өңдеу.

Брак - өнім сапаларының көрсеткішінің техникалық құжаттар талаптарына сай келмеуі.

Вакууматор - болатты вакуумдауға арналған қондырғы.

Дайындаманы үздіксіз құятын машина (ДҮҚМ) - дайындаманы үздіксіз құятын машина.

Десульфурация - металл сульфидтерін тотықтырып күйдіру үстінде, оларды тотықтыру арқылы, күкіртті алып тастау.

Дефосфорация - балқыған шойыннан, болаттан немесе қождан фосфорды аластау.

Конвертер (лат. converto-өзгертемін, айналдырамын) - балқыған шойыннан болат алуға, сонымен қатар мыс, никель және мыстыникельді штейндерді ауамен немесе оттегімен үрлеу тәсілімен өңдеуге арналған агрегат.

Корунд (нем. Korund; от др. -инд) - қарапайым оксидтер класының тармағына жататын минерал,  $Al_2O_3$ ; абразивті материалдар ретінде қолданылады. Теміркөміртекті қорытпаларының металл емес қосындылардың бірі.

Көміртекті болат - құрамында көміртегі  $C=0,04-2\%$  және тұрақты араласпалары (Mn, Si, S, P) бар, легирленбеген болат. Төмен (0,25% C-ке дейін), орташа (0,25-0,6% C-ке дейін) және жоғары (0,6% C-тен жоғары) көміртекті болат деп ажыратып айтады.

Күй диаграммасы - термодинамикалық тепе-теңдіктегі жүйенің параметрлерінің (температураның, химиялық және фазалық құрамдарының) күйінің арасындағы қатынастардың графикалық бейнесі.

Қайта балқыту - материалды қайта өңдеу нәтижесінде оның химиялық құрамы, физикалық және механикалық қасиеттері мен агрегаттық күйі толық немесе олардың кейбіреулері өзгертін үдеріс.

Күю - сұйық металл мен қожды балқыту пешінен құйып алу үдерісі.

Қожсыз күю - сұйық металды шөмішке балқыту пешінен қожды бөліп алып күю.

Қожды науа - қожды бас науадан қожтасығышқа қарай күюға арналған науа.

Қождың қышқылдығы - қара металлургияның қышқыл қождарының құрамындағы  $\text{SiO}_2$ -нің  $\text{FeO}$  мен  $\text{MnO}$ -ның жиынтық санына қатынасы.

Қождың түзілуі - балқыту жүрісінің барысында қождың түзілу үдерісі.

Қожтасығыш шөміш –сұйық қожды балқытатын агрегаттан қож үйіндісінде, өңдеуге тасымалдауға арналған шөміш.

Легирленген болат - құрамында дағдылы қосындылардан басқа, легирлеуіш элементері бар болат. Легирлеу үшін болатқа Cr, Ni, Mo, W, V, Ti, Nb және т.б. енгізіледі. Болаттарды төмен (аз) легирленген (легирлеуіш элементтердің жинақ мөлшері 2,5%-ға дейін), орташа легирленген (2,5-10%) және жоғары легирленген (10%-дан артық) деп ажыратады.

Металл емес қосындылар - металдар мен қорытпалар ішінде сұйық және қатты күйде кездесетін бөтен дененің бөлшектері.

Металлургиялық агрегат - металлургиялық үдірістері жүргізуге арналған құрылғылар мен жабдықтар кешені.

Науа - сұйық металл мен шлақты пештен күюға арналған арна. Сусымалы немесе сұйық материалдарды тасымалдауға арналған науашық.

Оксидті қосындылар - болат құрамының ішіндегі, негізін металдар оксидтері құрайтын, металл емес қосындылар.

Оттекті конвертер - шойынды оттеппен жоғарғы жоғынан үрлеу жолымен болат алуға арналып жасалған, негізді инішті конвертер.

Пештен тыс вакуумдау - сұйық болатты балқыту агрегатынан тыс жерде вакуумдау.

Сараптау - сарапталынатын объекттің құрамының, күйінің немесе құрылымының сипаттамаларын анықтау мақсатындағы зерттеу, әдіс немесе үдеріс.

Сляб (ағыл. slab., сөзбе-сөз-тақта, тілік) - металлургиялық өндірісінің жартылай өнімі – енінің биіктігіне қатынасы үлкен (15-ке дейін) тік бұрышты болат дайындамасы. Слябингте (кейде блюмингте немесе блюминг-слябингте) құйымдардан прокаттаумен немесе сұйық металдан ДҚҰМ-да алады.

Тотықсыздандырғыш - тотығу-тотықсыздану үдерісінің барысында электрондарын беруге қабілеті бар зат. Металлургияда металл қосылыстарынан оттегін өзіне қосып алуға қаблетті реагент.

Тынық болат - бұйым қатайған кезде онда еріген көміртек пен оттектің бір-бірімен әрекеттесуі жүрмейтіндей дәрежедеге дейін оттегісіздендірілген болат.

Үздіксіз әсерлі болат балқытатын агрегат - шойынды агрегаттың бір жақ шетінен үздіксіз құйып тұрып, оны оттегімен үрлеу жолымен болат алуға және болатты екінші жағынан күюға арналған, бірнеше камерасы бар кебежелі пештер

типiне жататын металлургиялық агрегат.

Футеровка (нем. Futter-астар) - жылулық агрегаттардың, пештердің, құбырлардың және т.б. ішкі қорғауыш қаптамасы.

Шөміш - металды, штейнді немесе қожды құюға және қосымша тазалауға, тасымалдауға, уақытша сақтауға арналған, әдетте ішкі жағынан қапталған, болат немесе шойын ыдыс.

Шөміште вакуумдау - вакуумдық камераның ішіне орналастырған немесе герметикалы жабылған қақпақ астында, сұйылту жасалынатын шөміш ішінде болатты вакуумдау.

## БЕЛГІЛЕНУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

Бұл диссертациялық жұмыста келесі белгіленулер мен қысқартулар қолданылған:

«ҚарИУ» КеАҚ – «Қарағанды индустриялық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы;

«АМТ» АҚ – «АрселорМиттал Темиртау» акционерлік қоғамы;

БҮҚҚ - Болатты үздіксіз құю қондырғысы;

ВГТ – Вачер-Гамильтон теңдеуі;

ДҮҚМ - Дайындаманы үздіксіз құятын машина;

ЖСМ - Жер сілтілі металдар;

КГС - конвертерлік газдарды салқындатқыш;

КЖӨ – көміртекті жартылай өнім;

ОК – оттекті конвертер;

ОКӨ - оттегі конвертерлік өндірісі;

ҚТҚ - қож түзуші қоспа;

ПША – пеш-шөміш агрегаты;

ПШҚ – пеш-шөміш қондырғысы;

СКМ – сирек кездесетін металдар;

ҮКЖС - үздіксіз кең жолақты стан.



## **КІРІСПЕ**

### **Шешілуі тиіс ғылыми немесе ғылыми-технологиялық проблеманың (міндеттің) замануи дейгейіне баға беру**

Қажетсіз қоспаларды азайтуға бағытталған жаңа технологиялық процестерді немесе аралас өтпелі технологияларды игеру, яғни «таза болат» алу оның сапасын, демек, өнімнің пайдалану қасиеттерін едәуір жақсарту алатыны белгілі. Қоспалары аз болатты алу әрбір нақты жағдайда қолда бар жабдықтар мен материалдық ресурстарды ескере отырып, оңтайлы технологиялық схемаларды әзірлеумен анықталады.

Қазақстан Республикасының индустриялық-инновациялық дамуының 2020-2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасына сәйкес металлургия өнеркәсібі орта технологиялық салаларға жатады, бұл дайын өнім өндірісінің барлық кезеңдерінде ғылыми және инновациялық әлеуетті күшейтуді талап етеді [1]. Болат өндірісінің әлемдік деңгейі 95-98% деңгейінде конвертерлі және электрлі балқыту өндірісін қамтиды, бұл ретте конвертерлердегі өндіріс көлемі 60%, доғалы болат балқыту агрегаттарындағы өндіріс көлемі шамамен 40% құрайды. Үнемі өсіп келе жатқан бәсекелестік, өнімділіктің артуы, өзіндік құнның төмендеуі және т.б. жағдайында металлургиялық өндіріс өнімдерінің сапасын қамтамасыз ету отандық өнеркәсіптің алдында тұрған басты міндеттердің бірі болып табылады. Осылайша, аз қаржылық шығындарды қажет ететін инновациялық әдістер мен өндірістің жаңа тәсілдерін үнемі іздеу жүріп жатыр, әсіресе ең аз қаржылық шығындармен сапаны қамтамасыз етудің техникалық шешімдерін әзірлеу үлкен қызығушылық тудырады. Болаттың сапасына теріс әсер ететін негізгі проблемалардың бірі-оның құрамында металл емес қосындылардың болуы. Металл емес қосындылар мәселесі толық шешілмеген және осы бағытта қосымша ғылыми зерттеулерді қажет етеді [2-5].

Диссертациялық жұмыстың тақырыбы Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Ұлттық ғылыми кеңестің «Геология, минералдық және көмірсутек шикізатын өндіру және өңдеу, жаңа материалдар, технологиялар, қауіпсіз бұйымдар мен конструкциялар» басымдығы бойынша «металдар мен материалдарды өндіру және өңдеу» мамандандырылған ғылыми бағытына сәйкес келеді.

### **Тақырыпты әзірлеу негіздемесі және бастапқы деректер**

Диссертациялық жұмыстың тақырыбын әзірлеуге екі сатылы болат балқыту технологиясы және болатқа металл емес қосындылардың үлесін азайтуға және болат балқыту қондырғысының қаптама материалдарының тозуын азайтуға мүмкіндік беретін металл шығарудың бастапқы және соңғы кезеңдерінде қосымша құрылғыларды әзірлеу негіз болып табылады.

Зерттеу тақырыбын әзірлеу үшін бастапқы деректер ретінде: «АрселорМиттал Теміртау» АҚ Конвертер цехында сляб дайындамаларын алу үшін

пайдаланылатын болаттың төмен көміртекті маркалары таңдалды.

### **Ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізу қажеттілігін негіздеу**

«АрселорМиттал Теміртау» АҚ жағдайында болат балқытудың жоғары техникалық-экономикалық және экологиялық көрсеткіштеріне қол жеткізуге бағытталған шешімдерді қамтамасыз ету мақсатында зерттеулер осы ғылыми-зерттеу жұмысын жүргізу қажеттілігінің негіздемесі болып табылады.

### **Әзірлеменің жоспарланып отырған ғылыми-техникалық деңгейі, патенттік зерттеулер жөніндегі мәліметтер мен олардың қорытындылары**

Жұмысты орындау барысында «АрселорМиттал Теміртау» АҚ-ның 2015-2022 жылдар аралығындағы балқыту паспорттарына, әдеби деректерге және оттегі конвертері мен шөміш-пеш агрегатында балқытуды жүргізу ерекшеліктеріне патенттік зерттеулерге талдау жүргізілді.

Жоспарланған ғылыми-техникалық әзірлемеге металл шығарудың бастапқы, аралық және қорытынды кезеңдерінде бөлу құрылғыларын әзірлеу арқылы болат өнімдеріне металл емес қосындылардың үлесін азайтуды қамтамасыз ететін ұсынылған техникалық шешімдердің тиімділігін теориялық негіздеу және практикалық растау кірді. Ұсынылатын өнертабыстардың техникалық шешімдері 5 патентпен және «АрселорМиттал Теміртау» АҚ кәсіпорнының техникалық сараптама актісімен расталады.

### **Диссертацияның метрологиялық қамтылуы жөніндегі мәліметтер**

Ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізу барысында Қарағанды индустриялық университетін метрологиялық қамтамасыз ету пайдаланылды. Барлық өлшеулер нормативтік құжаттарға сәйкес тексерілген сенім білдірілген бақылау-өлшеу аспаптарында орындалды.

### **Тақырыптың өзектілігі**

Соңғы уақытта қазіргі заманғы металлургиялық өндіріс металл өнімдерінің ассортиментінің едәуір кеңеюімен, сапалы және бәсекеге қабілетті металл бұйымдарының үнемі ұлғаюымен, дайын өнімнің өзіндік құнын төмендете отырып, жоғары пайдалану ерекшеліктерімен сипатталады.

Болат өндірісінде металлошихтадағы сынықтардың үлесін азайту үрдісі кезінде оның тазалығын қамтамасыз ету маңызды болып табылады. Бір металлургиялық агрегаттан (конвертер, болат-шөміш, аралық шөміш, кристаллизатор) балқытылған металды екіншісіне құю кезінде металдың бетінде орналасқан қождың келесі контейнерге мүмкіндігінше аз түсуін қамтамасыз ету маңызды.

Осыған байланысты техникалық-технологиялық негіздерді әзірлеу және жауапты мақсаттағы жоғары сапалы болаттарды металлургиялық конвертерлерде

өндірудің өнеркәсіптік технологиялық схемасын құру қажеттілігі туындайды, бұл осы ірі ғылыми-техникалық мәселені шешудің өзектілігі мен уақтылығын анықтайды.

### **Тақырыптың жаңалығы**

Тақырыптың жаңалығы оттегі-конвертер өндірісі технологиясын жетілдіруде, атап айтқанда, жоғары сапалы болатты конвертер өндірісінің жоғары тұрақтылығы мен техникалық-экономикалық тиімділігін қамтамасыз ететін қожды металдан бөлудің инновациялық құрылғысын жасауда жатыр, оған келесі негізгі аспектілер кіреді:

- оттегі конвертерінің ағыс саңылауының таспа арнасының құрылымына өзгерістер енгізілді;

- дайын өнімдегі металл емес қосындылардың үлесін азайтуға мүмкіндік беретін конвертерден металл шығарылған кезде қожды бөлуге арналған іс-шаралар ұсынылды;

- оны жүзеге асыру үшін ұсынылған жүйенің құрылымдық ерекшеліктері көрсетілген.

- ұсынылған бөлу құрылғыларын пайдаланудан болаттағы металл емес қосындылар санының азаюын сипаттайтын, сондай-ақ оларды қолданудың экономикалық тиімділігі дәлелденген жоғары детерминация коэффициенті бар математикалық модель алынды.

### **Жұмыстың өзге ғылыми-зерттеу жұмыстарымен байланысы**

Диссертациялық жұмыс «Қарағанды индустриялық университеті» КЕАҚ-ның «Металлургия және материалтану» кафедрасында және «Электрондық микроскопия және нанотехнология» инженерлік бейіндегі зертханада, сонымен қтара «АрселорМиттал Теміртау» АҚ орындалды.

**Диссертациялық жұмыстың мақсаты** дайын өнімдегі металл емес оксидтердің үлесін азайтуға ықпал ететін болатты балқыту және шығару бойынша болат балқытуды қайта бөлуді зерттеу және жетілдіру болып табылады.

**Зерттеу объектісі** сұйық болат және ұсынылған бөлу құрылғыларын пайдаланудан болат құю шөмішіне қождың түсуін азайту және соның салдарынан дайын өнімдегі металл емес қосындылардың үлесін азайту арқылы оның сапасына әсері.

**Зерттеу нысаны** «АрселорМиттал Теміртау» АҚ кәсіпорнында болат құю технологиясы болып табылады.

### **Зерттеу міндеттері**

- металл емес қосындылар және олардың дайын болат өнімдерінің сапасына әсері мәселелері бойынша және оттегі конвертеріндегі қож-металл балқымаларын бөлу технологиясын зерттеу бойынша әдеби-патенттік іздеу жүргізу.

- ғылыми зерттеулер мен эксперименттерді жүзеге асыруда қолданылатын негізгі әдістерді таңдау.

-металл өнімінің сапасын арттыру мақсатында конвертерден шығаруда қожды металдан бөлуге арналған қондырғыларды жобалау-конструкторлық әзірлеу және металлургиялық балқымаларды бөлу технологиясын жетілдіру.

- жылдамдық режимі мен масштаб коэффициентін ескере отырып, оттегі конвертерінен сұйық болатты шығару процесін модельдеу.

- металлургиялық қожды металдан бөлу бойынша техникалық шешімдердің функционалдық жұмыс қабілеттілігін анықтау мақсатында эксперименттік зерттеулер жүргізу.

- металл емес қосындылардың үлесін азайту есебінен болат өнімдерінің сапасын арттыруға ықпал ететін зерттеулер нәтижелерін негіздеу және ұсынылатын іс-шаралардың экономикалық тиімділігін есептеуді жүргізу.

### **Зерттеудің әдістемелік базасы**

Диссертациялық жұмысты орындау кезінде қолданылатын зерттеулер мен талдаулардың негізгі әдістеріне мыналар жатады:

- деректерді статистикалық өңдеу әдістемесі;
- корреляциялық-регрессиялық талдау әдістемесі;
- сапаны квалиметриялық бағалау әдістемесі;
- металлографиялық зерттеу әдістемесі;
- экономикалық тиімділікті есептеу әдістемесі.

### **Қорғауға ұсынылатын негізгі ережелер (дәлелденген ғылыми гипотезалар және жаңа білім болып табылатын басқа тұжырымдар)**

- металды шығару кезінде қождың болат құю шөмішіне түсуін азайтуды қамтамасыз ететін техникалық шешім ұсынылды және детерминация коэффициенті жоғары математикалық модель алынды.

- жеткілікті жоғары анықтау коэффициентімен  $R_2 = 0,9551$  регрессия теңдеуі алынды  $y = -0,0043x + 0,1005$ , бұл ұсынылған бөлу құрылғыларын пайдаланудың конвертерден шығарылған кезде болаттағы металл емес қосындылардың айтарлықтай төмендеуіне айтарлықтай әсерін көрсетеді.

- ұсынылған металдан қожды бөлу құрылғылары метал емес қосындылар мөлшерін 1,3% - ға азайтатыны дәлелденді және осы құрылғыларды енгізуден күтілетін экономикалық тиімділік жылына 300 млн теңгені құрайтыны анықталды.

# 1 МЕТАЛЛ ЕМЕС ҚОСЫНДЫЛАРДЫҢ ТӨМЕН КОНЦЕНТРАЦИЯСЫ БАР ЖОҒАРЫ САПАЛЫ БОЛАТ ӨНДІРІСІНІҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ

## 1.1 Болат балқыту кезінде соңғы металдың тотығуын талдау

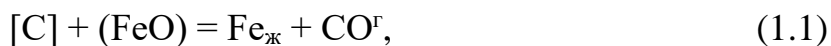
Болат өндірісінде оттегі-конвертер процесін кеңінен қолдану ферроқорытпаларға қойылатын талаптарды қатаңдату тұрғысынан түзетулер енгізеді, атап айтқанда конвертерден металл шығару кезінде аустениттік маркаларға арналған көміртегі концентрациясы дайын болат деңгейінде болуы тиіс [1]. Металлургияның маңызды мәселелерінің бірі-балқытылатын металдың сапасына және әсіресе төмен көміртекті болат маркаларын өндіруге қойылатын талаптардың үнемі өсуі.

Оксидті металл емес қосындылар - бұл металды тотықсыздандырғыш элементтермен тотықсыздандыру процесінде пайда болатын конденсацияланған фаза. Аз көміртекті алюминиймен легирленген болатта (Al мөлшері 0,02% - дан кем емес) металл емес қосындылар деформацияланбайтын корунд бөлшектері ( $Al_2O_3$ ) түрінде болады.

Олардың саны тотықсыздандырылғанға дейін металдың оттегінің құрамына және тотықсыздандыру өнімдерінің жойылу дәрежесіне байланысты. Тотықсыздандыруды бастамас бұрын металдың оттегі мөлшері неғұрлым көп болса, дайын болаттағы оксид қосындылары соғұрлым көп болады. Айта кету керек, тотықсыздандырудың тұндырғыш әдісін қолданған кезде металл емес қоспалардан таза болат алу мүмкін емес.

Осыған байланысты тазартудың соңында ауыр салмақты конвертерлер ваннасының тотығуын, соның ішінде металл мен қож құрамының соңғы металдағы оттегінің белсенділігіне әсерін зерттеу ғылыми және практикалық қызығушылық тудырады.

Сұйық темірде еріген көміртектің, қожда еріген оттегінің көміртегі тотығы мен сұйық темір газын түзу үшін тотығу реакциясы келесідей жазылады:



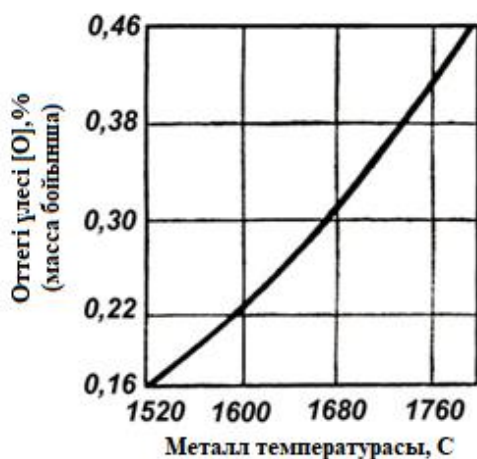
бұл реакцияның константасы келесідей болады

$$K_p = \frac{P_{CO}}{[C] \cdot (FeO)}. \quad (1.2)$$

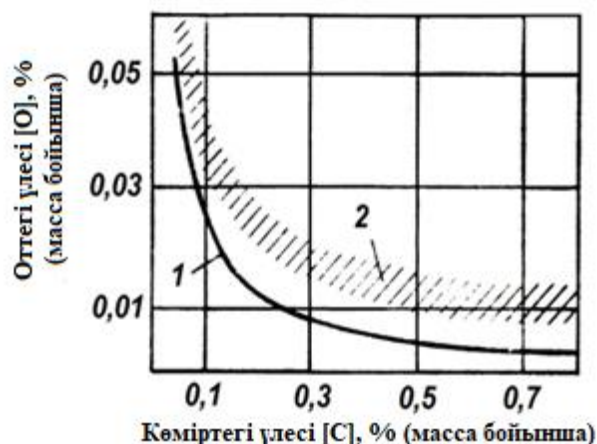
Температураның жоғарылауымен сұйық темірдегі оттегінің ерігіштігі артады (1.1-сурет). Егер болатта темірге қарағанда оттегіге жақындығы жоғары қоспалар болса, онда бұл қоспалар тотығады және сұйық болаттағы оттегінің концентрациясы төмендейді. Егер темірге қарағанда оттегіге химиялық жақындығы

бар қоспалар сұйық болатқа арнайы енгізілсе, онда мұндай операция тотықсыздандыру деп аталады, ал енгізілген қоспалар (марганец, кремний, алюминий және т.б.) тотықсыздандырғыштар деп аталады. Көміртек тотықсыздандырғыш бола алады, ол қайнау кезеңінде металда еріген оттегімен белсенді әрекеттесіп, CO газын түзеді. Сондықтан, қайнау кезеңінде оттегінің мөлшері (FeO)/[O] қатынасымен емес, болаттағы көміртегімен анықталады (1.2-сурет).

Осылайша, егер металда қоспалар болмаса, онда ондағы оттегінің мөлшері кождың тотығуына және температураға байланысты болады. Егер металда қоспалар болса, онда металдың тотығуы (сұйық металдағы оттегінің мөлшері) осы қоспалардың белсенділігімен анықталады. Қайнау кезеңінде металдың тотығуы көміртегі құрамымен анықталады [2 б.101-104].

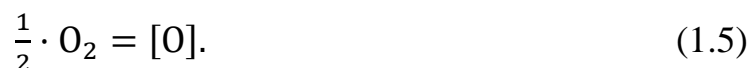


Сурет 1.1 - Температураның сұйық темірдегі оттегінің ерігіштігіне әсері

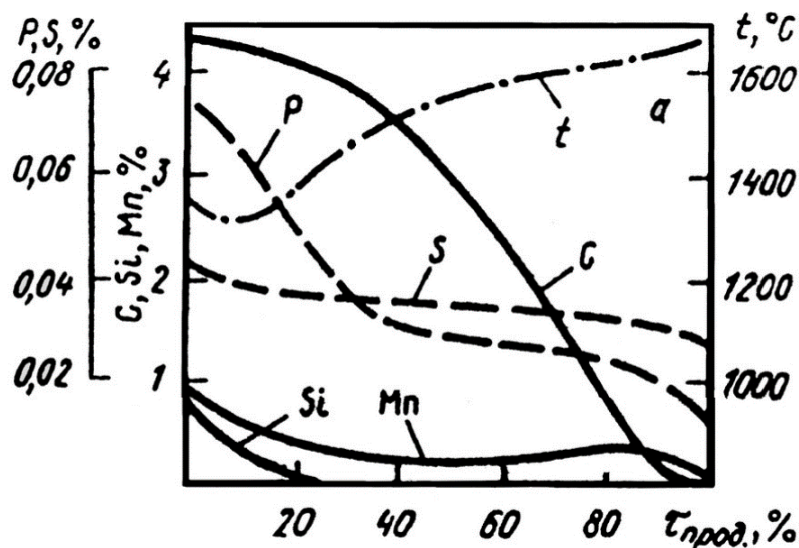
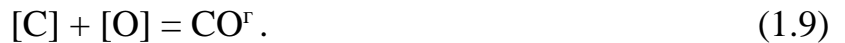
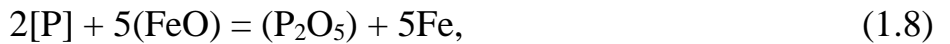


Сурет 1.2 - Көміртектің қайнау кезеңіндегі болаттың тотығуына әсері:  
1 — [C] және [O] тепе-теңдік концентрациясының қисығы;  
2 — қайнау кезеңінде болат балқыту қондырғысында байқалатын [C] және [O] концентрациялары

Жұмыста [2 б.116-118] үрлеу барысында металдың химиялық құрамының өзгеруі келтірілген. Үрлеудің алғашқы секундтарынан бастап реакциялық кратерде тотығу реакциялары белсенді жүреді:



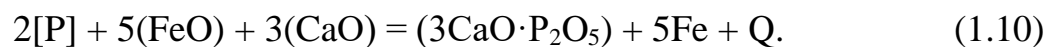
Сұйық металл мен қожда еріген оттегі кремнийді, марганецті, фосфорды, содан кейін көміртекті тотықтырады (1.3-сурет):



Сурет 1.3 – Оттегі конвертерінде балқыту барысы бойынша металл құрамының өзгеруі

1.3-суретте көрсетілген тәуелділіктерді талдау кремнийдің барлығы дерлік үрлеудің бірінші бөлігінде тотығады, ал марганец пен фосфордың көп бөлігі үрлеудің бірінші үштен бірінде тотығады деп болжайды [4].

Үрлеудің соңында марганецтің біраз бөлігі қалпына келуі мүмкін. Жоғары тотығу және жоғары негізділігі бар қождың тез түзілуіне байланысты  $\text{P}_2\text{O}_5$ -ке дейін тотыққан фосфор химиялық күшті қосылысқа — кальций трифосфатына байланысады, бұл тез дефосфорацияны қамтамасыз етеді:



Оттегі конвертерлік өндірісте фосфордың таралу коэффициенті  $L = \frac{(\text{P}_2\text{O}_5)}{[\text{P}]}$  өте

жоғары және 50-100-ге жетеді.

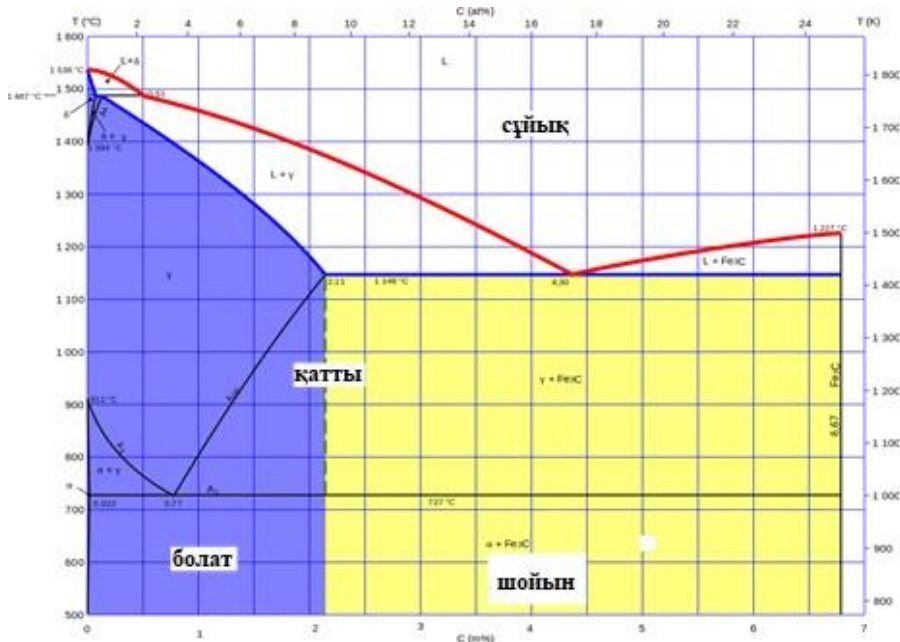
Қоспалардың тотығуының экзотермиялық реакциялары нәтижесінде конвертердегі температура 1200-ден 1400°C-қа дейін көтерілгеннен кейін көміртектің тотығу процестері белсендіріледі.

Оттегі конвертерлік өндірісі кезінде күкірт тек біраз бөлігі ғана жойылады. Оның кішкене бөлігі үрлеу оттегімен тотығады және SO<sub>2</sub> түрінде жойылады. Қалған күкірт болат пен кож арасында бөлінеді. Оттегі конвертерлік өндірісі (ОКӨ) кезінде

$$L = \frac{(FeS)}{[S]} = 2 - 6$$

күкірттің таралу коэффициенті аз және құрайды. Бұл ОКӨ-да тотығуы төмен қождың пайда болуын қамтамасыз ету мүмкін болмауымен түсіндіріледі, сондықтан көбінесе оттегі-конвертерлік болаттарының соңғы құрамы мен температурасы шөміштерде шөміштік металлургия әдістерімен жетілдірумен қамтамасыз етіледі.

Металл температурасының балқуы мен өсуі экзотермиялық реакциялардың жылуы, сондай-ақ «темір-көміртек» бинарлық жүйесінің күйін ескере отырып, балқу температурасының төмендеуі есебінен жүзеге асырылады (1.4-сурет).



Сурет 1.4 - «Темір – көміртек» күйінің диаграммасы

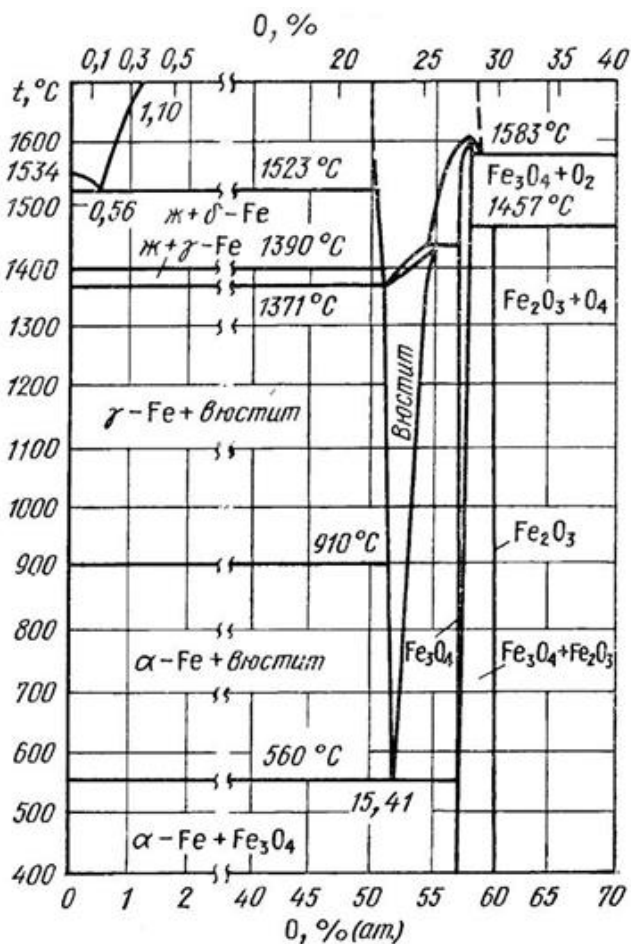
Болат балқытуда осы диссертация аясында «темір-оттегі» бинарлық жүйесі (1.5-сурет) және Вачер-Гамильтон тендеуі өте маңызды болып табылады.

Металдағы оксидті металл емес қосындылардың болуының негізгі факторы немесе болашақтағы көзі балқытудағы көміртектің төмен концентрациясы (төмен көміртекті және перитетикалық болаттар) болып табылады. FeO-болат балқытуға



қатысатын барлық ең ауыр оксид. Қож-металл шекарасында  $Fe^{2+}$  және  $O^{2-}$  тотығудың жоғарылауын беру арқылы темір балқымасына енеді.

Тепе-теңдік константасының мәні, сондай-ақ көміртегі мен оттегі концентрациясының шамалары сәйкесінше  $[C]*[O]$  температураға тәуелді емес. Іс жүзінде Вачер мен Гамильтон теңдеуі қолданылады  $[C]*[O] = 0,0025\%$  [3 б.233].



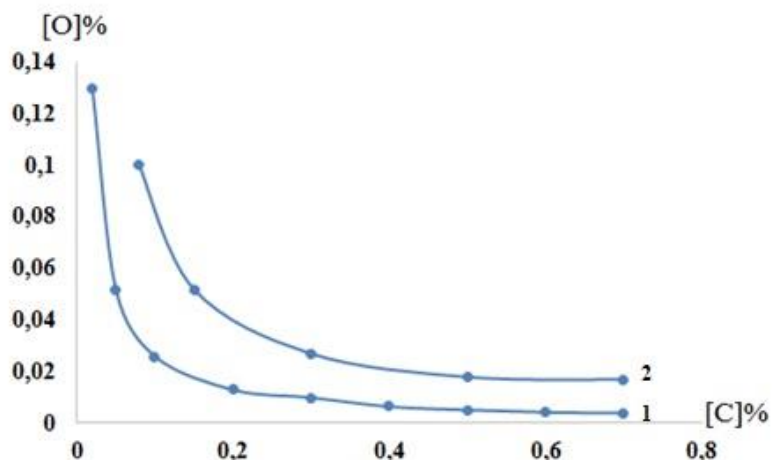
Сурет1 .5 — Темір-оттегі күйінің диаграммасы

Оттегінің тепе-теңдік құрамының металдағы көміртегі концентрациясынан  $1600^{\circ}C$  температурада және қалыпты қысымда қатынасы Вачер-Гамильтон теңдеуімен ұсынылған, әртүрлі факторлар ескерілсе де, бұл көрсеткіштердің нақты мәндері жоғары болады (1.6-сурет).

Әк металды күкірт пен фосфордан тазартуға арналған негізгі флюс материалы болып табылады, оның шығыны  $70-150$  кг/т болат және мұнда темір оксиді – әктің қож балқымасымен ассимиляциясына ықпал ететін негізгі оксид.

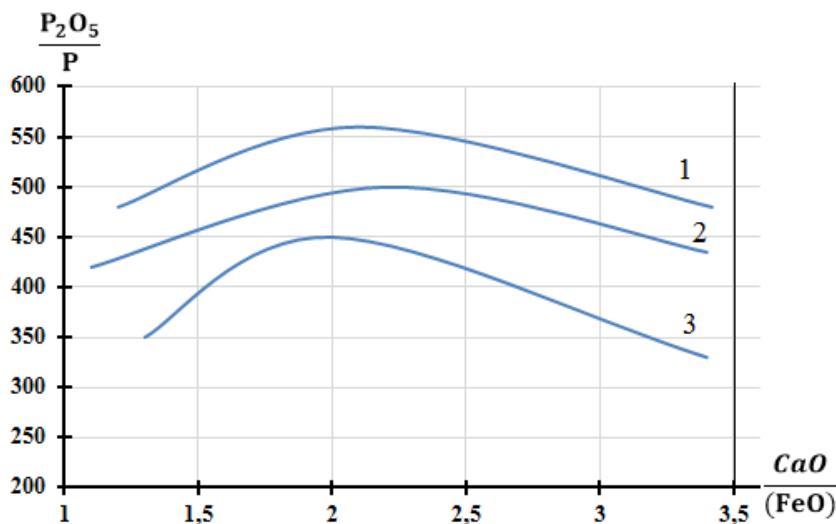
1.7-суретте темір мен әк оксидінің болуына байланысты әр түрлі негіздер үшін металл мен қож арасындағы фосфордың таралу коэффициентімен тән қатынастар орнатылған, олардың сапасы көбінесе оның шығыны мен тазарту қасиеттерін

анықтайды, атап айтқанда реактивтілік (сөндіру кезіндегі максималды температура, сөндіру уақыты), кальцинация кезіндегі шығындар, пайдалы және зиянды қоспалардың болуы, қатысуы жеткіліксіз. Бұл негізгі флюс материалынан басқа әктас, фторлы шпат, күйдірілген магнезит және доломит және басқалары бар.



1 - Вачер-Гамильтон бойынша тепе-теңдік мәндері  
2 – металдағы көміртектің, оттегінің нақты мәндері

Сурет 1.6 - Үрлеудің соңындағы оттегі концентрациясымен металл көміртегінің байланысы



$$1 - \text{негізділік, } B = \frac{CaO+MgO}{SiO_2+P_2O_5} = 2,8 \div 3,2;$$

$$2 - \text{негізділік, } B = \frac{CaO+MgO}{SiO_2+P_2O_5} = 3,21 \div 4,0;$$

$$3 - \text{негізділік, } B = \frac{CaO+MgO}{SiO_2+P_2O_5} = 2,4 \div 2,79.$$

Сурет 1.7 – Фосфордың таралу коэффициентінің CaO/(FeO) қатынасына тәуелділігі

Қожадағы темір оксидінің болуы мен массалық үлесі бойынша үлкен пайда болу қолданылатын жабдықтан және оттегімен үрлеу режимінің параметрлерінен туындайды, атап айтқанда, селсиндатчик құралының көмегімен 0,3-тен 5 метрге дейінгі динамиктегі металл айнасына қатысты фурманың орны, оттегі үрлеу қарқындылығы (1-4, 5 м<sup>3</sup>/мин\*т); диффузордың диаметріне байланысты саптамалар саны (4-8) және олардың фурма осіне еңкею бұрышы, фурма басының түбіндегі саптамалардың ыдырауы және т. б.[5].

Темір оксидінің жүрісі мен болуының алгоритмі көбінесе конвертердің жұмыс кеңістігінің периклазокөміртекті төсемінің биіктігімен анықталады, ол 7,5 мыңға дейін жететін балқымалар санымен, дәнекерлеумен, отқа төзімді материалды торкреттеумен, сондай-ақ болаттың берілген маркасымен сипатталады.

Металдағы көміртегі концентрациясынан қождың тотығуын үш аймаққа бөлуге болады. Бірінші аймақ бір мезгілде төмен көміртегі бар темір оксидтерінің жоғары құрамымен сипатталады. Болаттың көміртегі мөлшерінің жоғарылауымен темір оксидтерінің төмендеуі байқалады, мұны екінші аймақ көрсетеді. Үшінші аймақ болаттағы көміртектің одан әрі жоғарылауымен темір оксидтерінің құрамы іс жүзінде өзгермейтінін көрсетеді.

## **1.2 Металл емес қосындылардың металл өнімдерінің сапасына әсері**

Әдеби дереккөзге сәйкес [3 б.101-102] көптеген зерттеулер болаттағы металл емес қосындылардың табиғаты, пішіні, саны, мөлшері және таралуы оның механикалық, технологиялық және өнімділік сипаттамаларына айтарлықтай әсер ететіндігін көрсетті. Әрине, болаттың қосындылардан тазалық дәрежесі оның сапасының маңызды көрсеткіштерінің бірі болып табылады. Көптеген сапалы болаттар үшін металл емес қосындылардың жалпы мазмұны мен жекелеген түрлерінің болуына қатаң шектеулер қойылады.

Болаттардың тазалық дәрежесін айтарлықтай арттыруға вакуумдық металлургия мен электроқожды балқытудың дамуы арқасында қол жеткізілді. Болаттардың тазалығын арттыру мәселелерін шешудегі, сондай-ақ берілген типтегі қоспаларды алудағы үлкен прогресс әртүрлі іс-шаралармен байланысты: болаттарды балқыту, құю және кристалданудың әртүрлі жағдайларында оларды жою технологияларын әзірлеу; болаттарды кешенді және көп сатылы тотықсыздандыру әдістерін қолдану; қоспаларды, ферроқорытпаларды және жоғары тазалық лигатураларын қолдану; болаттарды пештен тыс вакуумдауды қолдану, оларды шөміште және құю процесінде қожамен тазарту; үздіксіз құю әдісімен дайындамаларды алу; арнайы микро қоспаларды пайдалану; және т. б. Дегенмен, болаттағы металл емес қосындылар мәселесі өзекті болып қала береді.

Іс жүзінде болаттағы металл емес қосындылардың абсолютті құрамы емес,

олардың табиғаты, пішіні, өлшемдері мен таралуы жиі маңызды (1.1-кесте).

Кесте 1.1 – Болаттағы металл емес қосындылардың түрлері

| Металл емес қосындылар түрлері                  | Химиялық формуласы  |
|---|---|
| Сульфидтер                                      | FeS, CaS, MnS   |
| Оксидтер  | FeO, CaO, MnO, SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  |
| Фосфидтер                                       | Fe <sub>3</sub> P, Mn <sub>2</sub> P <sub>2</sub> , Fe <sub>2</sub> P   |
| Карбидтер                                       | Fe <sub>3</sub> C, Cr <sub>4</sub> C, Cr <sub>7</sub> C <sub>3</sub> , Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> , Mn <sub>3</sub> C   |
| Нитридтер                                       | Fe <sub>3</sub> N, Cr <sub>2</sub> N, Mo <sub>2</sub> N   |
| Қосындылардың күрделі және біріккен қосылыстары | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -FeO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -CaO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -MnO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -MgO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -CaO-CaS |
| Қатты металды емес қосындылар                   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO·2Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO·6Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , шпинелдер, MnS, CaS  |
| Сұйық металды емес қосындылар                   | 12CaO·7Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , FeO, FeS, MnO·SiO <sub>2</sub>  |

Жою процестеріне, деформациялануға, микроорганизацияның пайда болуына қатысты оңтайлы қасиеттері бар болаттарда қосылыстар алу маңызды, сонымен қатар болаттардың технологиялық икемділігіне, өңделуіне, механикалық, функционалдық және пайдалану қасиеттеріне теріс әсер етуі мүмкін. Болаттардың беріктік қасиеттерін арттырудың маңызды мәселесін шешудің бір жолы-металл емес қосындылармен ластануды азайту, олардың мөлшерін азайту және олардың біркелкі таралуын қамтамасыз ету. Өртүрлі әсер ету процесінде металл емес қосындыларды әртүрлі фазалық және құрылымдық түрлендірулер орын алады, бұл қосындылардың өлшемдерінің өзгеруіне, олардың фазалық және құрылымдық күйіне ықпал етеді және металл емес қосындыларға жақын болат матрицасының жергілікті аймақтарына әсер ететіні сөзсіз. Бұл өзгерістердің сипаты металл емес қосындылардың қатаюына немесе пластификациясына әкелуі мүмкін, сонымен қатар гетерофазалық қосындылардағы қосу-матрицалық аралықтарындағы және ішкі фазааралық шекаралардағы адгезиялық байланыстарды айтарлықтай өзгерте алады.

Болаттың құрамын анықтаумен басқа типтегі қосындылар (карбидтер, нитридтер) жекелеген жағдайларда, арнайы болаттар өндірісінде айналысады. Болаттағы газ қосындылары да металл емес болғандықтан, оксидтер мен сульфидтер түріндегі қосындылар кейде қожды деп аталады.

Кіріспелердің мөлшері келесідей бөлінеді:

- кем дегенде 50 үлкейту кезінде тек микроскоппен тегістеу кезінде табылған микроқосылғылар (әдетте ×100-ден ×600-ге дейін, кейбір жағдайларда ×1000-ға дейін және тіпті ×1500-ге дейін үлкейту қолданылады);

- қарапайым көзбен немесе шамалы үлкейту кезінде (үлкейткіш әйнектің көмегімен) болаттың сынуында немесе бетінде (жақсырақ жылтыратылған)

ерекшеленетін микроқосылғылар.

Болатқа енгізудің негізгі көздері келесідей:

- шихта материалдарындағы (шойын және скрап) қосындылар;
- пештің, науаның, шөміштің және т. б. отқа төзімді футеровкаға металдың механикалық әсері нәтижесінде металға өткен қосындылар;
- технологиялық процестердің жүруі нәтижесінде пайда болған қосындылар: металдың қожбен өзара әрекеттесуі (мысалы, оттегінің немесе күкірттің қождан металға ауысуы нәтижесінде); металға тотықсыздандырғыштарды немесе легирлеуші элементтерді енгізу; температураның төмендеуі кезінде олардың ерігіштігінің төмендеуі нәтижесінде болат кристалданған кезде металдан бөліну.

Тәжірибе көрсеткендей, соңғы себеп көп жағдайда негізгі болып табылады. Тек кейбір жағдайларда, қондырғының футеровкасының нашар күйінде немесе шөміштің, науаның және т.б. футеровкасының күйін бақылау болмаған кезде, осылайша енгізілген қосындылардың үлесі байқалады; бұл қосындыларды салыстырмалы түрде үлкен өлшемдері мен түрлері бойынша микроскоппен оңай ажыратуға болады. Шихта енгізген қоспалар әдетте аз болады және олар бастапқы балқыту кезеңдерінде салыстырмалы түрде оңай жойылады.

Техникалық әдебиеттерде [7-8] экзогендік қосындылар (болатқа кездейсоқ енетін бөлшектер, әдетте салыстырмалы түрде үлкен мөлшерде, сондықтан металдан жақсы алынып тасталады) және эндогендік қосындылар (металды тотықсыздандырудың химиялық реакцияларының өнімдері болып табылатын әдетте шамалы бөлшектер) болып бөлінеді. Футеровкаға күтім жасау ережелерін қатаң сақтау және балқытудың дұрыс технологиясы аз мөлшерде металды алуды қамтамасыз етеді, қоспалар құрамының қажетті бағытын өзгертуге, сондай-ақ пайда болған қоспаларды қожға сәтті жоюға кепілдік береді. Әдетте болат құрамында 0,01-0,02% (массасы бойынша) қосындылар бар, олардың саны мен құрамы процестің түрімен, шихта материалдарының сапасымен және қабылданған өндіріс технологиясымен анықталады.

Алайда, егер металды тотықсыздандыру кезінде пайда болған металл емес қосындылар одан толығымен алынып тасталса, бұл дайын өнімдерде тотықсыздандыру өнімдері болмайды дегенді білдірмейді. Барлық тотықсыздандыру реакциялары экзотермиялық болғандықтан, шығару және құю процесінде болат салқындаған кезде олардың тепе-теңдігі тотықсыздандырғыш элементтер мен оттегінің қалдық мөлшерінің қосымша өзара әрекеттесуіне қарай жылжуы керек. Демек, балқытуды шығарудан бастап, металдың шламдарда түпкілікті қатаюына дейінгі барлық температуралық аралықта оның тотықсыздану процесі тереңдей түсуі керек.

Өнеркәсіптік балқытулардағы қайталама тотығу процестерінің дамуына балқыту кезінде, құюдың әртүрлі кезеңдерінде және металдың соңғы тотығу қожымен, отқа төзімді заттармен және т.б. әрекеттесуі кезінде сөзсіз пайда болатын металдың қайталама тотығу құбылысы да ықпал етеді.

Металдағы оттегінің тепе-теңдіктен жоғарылауы тотықсыздандыру процестерінің одан әрі дамуына және металл емес қосындылардың қосымша оқшаулануына ықпал етеді. Қазіргі классификацияға сәйкес, тотықсыздану кезінде пайда болатын қосындылар біріншілік деп аталады, тотықсыздану сәтінен металл балқымасының сұйықтығының температурасына дейінгі қосындылар - екіншілік, сұйықтықтан солидусқа дейінгі температура аралығындағы қосындылар - үшіншілік.

Кейбір жұмыстарда [5, б 153-158] болаттың кристалдануы кезінде пайда болатын қосындылар, оттегінің, күкірттің және басқа да зиянды қоспалардың металл ерігіштігі күрт төмендегенде және олардың болаттың басқа компоненттерімен әрекеттесу өнімдері үшінші дәрежелі деп аталады. Темірдің фазалық түрленуі кезінде әртүрлі химиялық қосылыстардың ерігіштігінің төмендеуі нәтижесінде қатайтылған болатты салқындату кезінде пайда болатын төрттік қосындылар де бөлінеді.

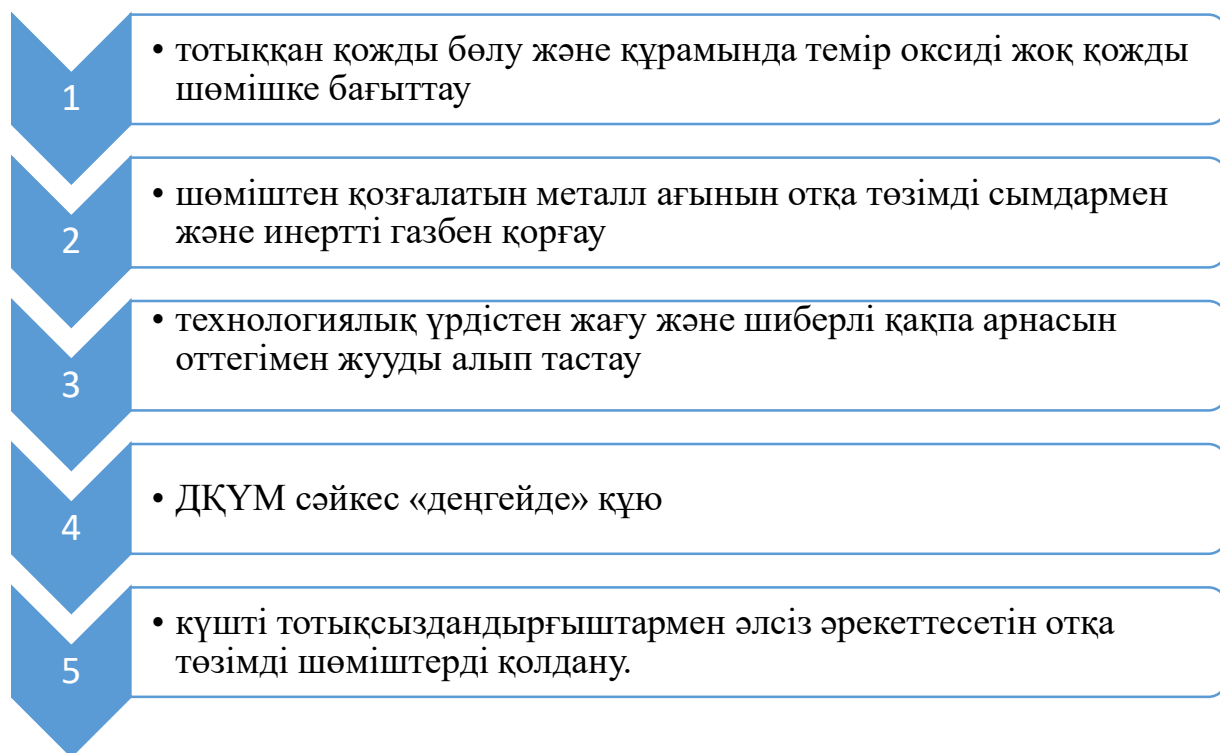
Екінші және үшінші қосындылардың пайда болуы қиындық тудырмауы керек, өйткені олар бұрыннан бар бастапқы қосындылардың беттерінде, яғни минималды энергия шығындарымен тұндырылуы мүмкін. Осы екіншілік құбылыстардың нәтижесінде бастапқы қосындылардың мөлшері мен құрамы өзгереді.

Біріншілік және екіншілік қосындылардың көпшілігі құю аяқталғанға дейін металл көлемін тастап үлгереді, өйткені сұйық болатты тазарту процестеріне жеткілікті уақыт бар, дегенмен екіншілік қосындыларды алып тастау біріншіге қарағанда қиынырақ, өйткені аз уақыт бар, металдың тұтқырлығы жоғары болады, қосындылар коагуляциялануға үлгермейді. Үшіншілік қосындылар кристалданудың температуралық интервалында металдың толық қатаю температурасына дейін қалыптасады. Екі фазалы аймақта, яғни өсіп келе жатқан дендриттермен шектелген сұйық металдың тұйық көлемінде дами отырып, бұл қосындылар балқыманың бетіне шыға алмайды және толығымен дерлік құйылған металл қалады. Біріншілік, екіншілік және үшіншілік қосындылар санының арақатынасын әртүрлі тотықсыздандырғыштармен металдың тотықсыздандыру процестерінің тепе-теңдік константалары бойынша есептеу арқылы анықтауға болады.

Кәдімгі технологиямен айтарлықтай байқалатын екіншілік тотығуды алдын алу үшін келесі шаралар жиі қолданылады (1.9-сурет):

Технологиялық процестің соңғы кезеңдерінде пайда болған металл емес қосындылар дайын болатта қалу ықтималдығы жоғары. Олардың санын азайту үшін оттегінің қалдық мөлшерін азайтуға тырысу керек және мүмкіндігінше металдың екіншілік тотығу процестерінің алдын алу керек. Соңғы тотықсыздандыру алдында еріген оттегінің концентрациясын төмендетудің тиімді жолдарының бірі - тотықпаған металды вакуумдық өңдеу. Вакуумдау процестерінде болатты металл еріген қалдық көміртекті қолдана отырып, толық

(75-90%) тотықсыздандыруға болады.




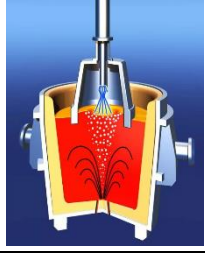

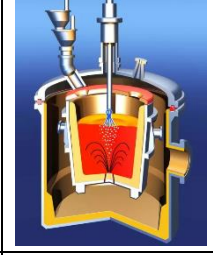
Сурет 1.9– Екіншілік тотығуды алдын алуға арналған шаралар

Мұндай тотықсыздандырудың басты артықшылығы - металда оксидті металл емес қосындыларді қалдырмайтын СО оксиді газының түзілуі. Күшті тотықсыздандырғыштардың (алюминий, кремний) аз дозаларымен кейінгі тотықсыздандыру салыстырмалы түрде таза болат береді. Сонымен қатар, бұл тотықсыздандырғыштардың айтарлықтай үнемделуімен сипатталады.

Төмендегі 1.2-кестеде пештен тыс өндеу қондырғыларының салыстырмалы техникалық сипаттамасы келтірілген. Үрлеу жүйесімен жабдықталған айналымдағы вакууматор көптеген мәселелерді шешуге мүмкіндік беретінін көруге болады. Nippon Steel мәліметтері бойынша ең кең тазарту мүмкіндіктерінде RH-PB және RH-INJ.вакууматорлары бар.

Әдеби деректерге сәйкес [8 б.321-324] металл емес қосындылар болаттың механикалық және басқа қасиеттерін нашарлатады (магниттік өткізгіштік, электр өткізгіштік және т.б.) өйткені олар металдың тұтастығын бұзады және кернеулер шоғырланған қуыстарды құрайды. Кейбір жағдайларда (мысалы, шарикті болатты өндіруде) металдың сапасы тек металл емес қосындылардың саны мен құрамымен анықталады. Қосындылардың үлкен құрамының теріс әсері белгілі және көп нәрсе қосындылардың мөлшеріне, олардың құрамы мен дайын өнімдегі орналасуына байланысты.

Кесте 1.2 - Пештен тыс өңдеу қондырғыларының салыстырмалы техникалық сипаттамасы

| Процесс                  | RH  | CAS  | KIP   | VD-OD   |
|--------------------------|---|--|---|---|
| Сұлбасы                  |  |  |  |  |
| Тотықсыздандыру          | +   | +  | -   | +   |
| Көміртектендіру          | +   | -  | -   | +   |
| Суды жою                 | +   | -  | -   | +   |
| Күкіртсіздендіру         | +   | -  | +   | +   |
| Қыздыру                  | +   | +  | +   | -   |
| Құрамы бойынша жетілдіру | +   | +  | +   | +   |
| Қосындыларды жою         | +   | +  | +   | +   |

Металл емес қосындылар болаттың икемділігін (салыстырмалы ұзаруы мен тарылуы) және қаттылығын айтарлықтай төмендетеді. Дөңгелек пішінді қосындылар аз зиянды болып саналады. Дөңгелек пішінді қосындылар олардың балқу температурасы төмен болған кезде және олар металмен нашар суланған кезде алынады, сонымен қатар металдың көлденең қимасында біркелкі орналасқан субмикроскопиялық бөлшектер түріндегі қосындылар аз зиянды болады. Кейбір жағдайларда мұндай өте ұсақ қоспалардың пайда болуы үшін арнайы шаралар қолданылады (мысалы, термиялық күшейтілген болаттардағы нитридтер мен карбонитридтердің қосындылары). Мұндай қосындылар металға оттегі, күкірт, азот, көміртек сияқты қоспаларға жоғары жақындығы бар элементтерді енгізген кезде пайда болады, бұл ретте отқа төзімді қосылыстар алынған жағдайда (жекелеген жағдайларда алюминий, сирек жер элементтері, вольфрам, титан және т.б. енгізу).

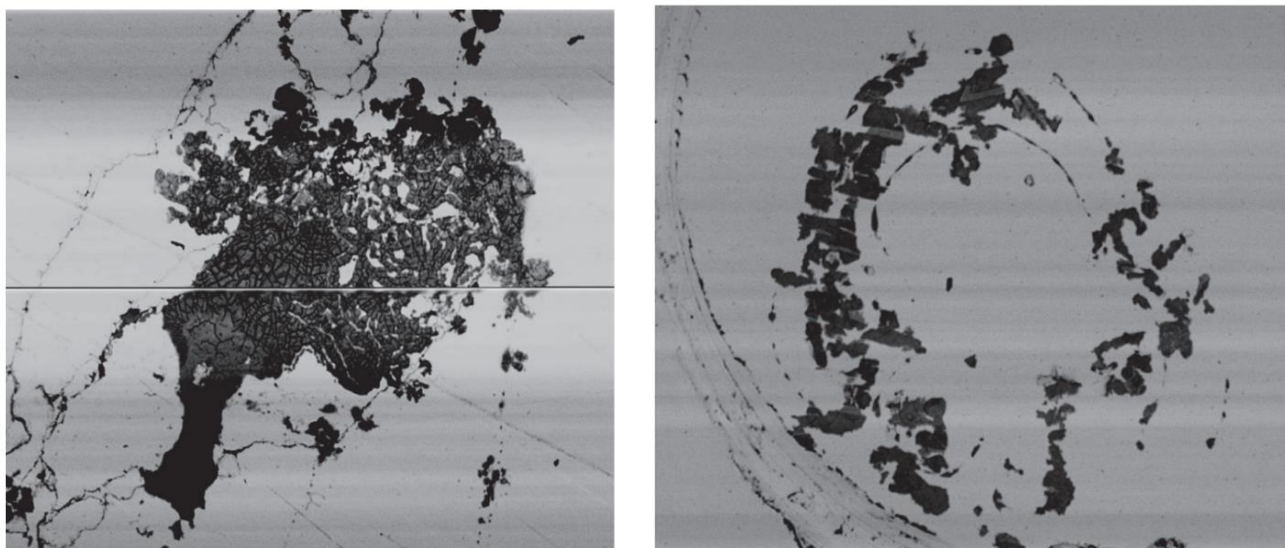
Металл емес оксидті қосындыларға (қарапайым оксидтер) темір оксидтері (вустит FeO) және алюминий оксиді (корунд  $Al_2O_3$ ) жатады.

Болаттағы темір оксидінің бөліну формасы – глобулалар (тамшылар) (1.10-сурет).

Металлографиялық зерттеу кезінде жарық көру аймағында қосындылар дөңгелек дәндер (глобулалар) түрінде болады. Түсі сұр, шеттерінде бозғылт қоңыр реңк бар. Қараңғы көру өрісінде - өте мөлдір емес, жұқа жарық сызығымен шектеседі. Орналасуы кездейсоқ; жекелеген жағдайларда олар түйіршік



шекаралары бойынша орналасады [9 б.152-154].



а)

б)

Сурет 1.10 - Болаттағы х80 темір оксиді (вюстит FeO) (а, б) [9 б.153]

Металлдың бүкіл көлемінде біркелкі орналасқан және субмикроскопиялық бөлшектерді білдіретін қосындылар ең аз зиян келтіреді және кейбір жағдайларда пайдалы. Мысалы, жылу өткізбейтін болат өндірісінде ұсақ бастапқы (аустениттік) астық өндіруді қамтамасыз ету қажет. Бұл кристалдану алдында сұйық болатта жеке металл кристалдарының пайда болу орталығы бола алатын, көлемі бойынша біркелкі орналасқан металл емес қосындылардың көп саны болған кезде мүмкін болады. Егер кристалдану орталықтары нитридтер мен карбонитридтер болса, бастапқы дәнді ұнтақтау мен термиялық беріктендірудің ең жақсы нәтижелеріне қол жеткізіледі. Сондықтан термиялық күшейтілген болаттардың едәуір тобы бар, олардың құрамында азот мөлшері 0,015-0,030% немесе одан да көпке дейін артады.

Металл емес қоспалар болаттың қасиеттеріне тек теріс әсер етпейді. Кейде олар металлдың бүкіл көлемінде біркелкі орналасқан ұсақ дисперсті фаза түрінде оқшауланған кезде пайдалы рөл атқарады. Ол үшін болаттағы қоспалардың массасы бойынша үлкен мөлшері қажет емес.

Болаттағы қоспалардың төмен мөлшері - жоғары сапаның кепілі болып табылмайды. Қосындылардың жалпы саны аз болған кезде, жекелеген жерлерде қосындылардың жиналуы мүмкін. Кристалдану және салқындату кезінде қоспалардың құрамы мен санының өзгеруі үлкен маңызға ие. Әрі қарай өңдеу кезінде қосындылардың пішіні, олардың өлшемдері мен таралуы да айтарлықтай өзгеруі мүмкін. Кристалдану кезіндегі кейбір қосындылар дәндердің шекараларында, басқалары дәндердің ішінде орналасуы мүмкін, кейбіреулері қысыммен өндегенде ұсақталып, өңдеу осі бойында орналасқан тізбекті құрайды, басқалары тартылады, басқалары өлшемдерін өзгертпейді және т. б. Нәтижесінде,

мысалы, болаттың көрінетін (микроскоппен) тазалығы олардың металдағы құрамына ғана емес, сонымен қатар қысыммен өңдеу кезінде қысу дәрежесіне және т. б. байланысты болады. Таптау осі бойымен (бойлық үлгілер) және көлденеңінен кесілген үлгілерді сынау кезінде металдың механикалық қасиеттеріне әртүрлі қосындылар әсер етеді (көлденең үлгілер). Металл емес қоспалардың болуы көлденең үлгілерді сынау көрсеткіштеріне ерекше әсер етеді. Болат маркаларының әр тобындағы металл емес қосындылар мен газдардың рұқсат етілген шектері тиісті МемСТ-пен анықталады. МемСТ сонымен қатар сынама алу әдістемесін және талдау мен бақылау әдістемесін анықтайды [10].

Осылайша, металл емес қосындылар болаттың сапасына теріс әсер етеді, бұл әсіресе металлургия өндірісінің соңғы қайта бөлінуінде байқалады. Болат балқытудан кейін балқытылған болат одан әрі қысыммен өңдеу цехтарына түседі (илектеу және штамптау өндірісі). Көрсетілген шектерде одан әрі машина жасау және басқа да құрастыру өндірістері үшін жартылай өнім қалыптастырылады. Болат балқытуда қожды болаттан толығымен бөліп алу мүмкін болмаған жағдайда, бұл жағдай болатты одан әрі өңдеу кезінде металл емес қоспалардың едәуір мөлшерінің болуының себебі болады, бұл өз кезегінде металдың икемділік қабілетін күрт төмендетеді және одан әрі қысыммен өңдеу кезінде төтенше жағдайға әкелуі мүмкін. Жалпы, металл емес қоспалардың болуы дайын болат өнімдерінің пайдалану қасиеттерін айтарлықтай төмендетеді.

Қосындыларды тікелей бақылау: металлографиялық зерттеу (визуалды бақылау), оптикалық микроскоптағы компьютерлік кескінді талдау, сканерлеуші электронды микроскопия және ультрадыбыстық тестілеу. Іс жүзінде металл құюдан бастап нәтиже беруге дейінгі металл емес қоспаларды тікелей бақылауға кететін уақыт кем дегенде бірнеше тәулікті құрайды. Қосындыларды жанама бақылау - бұл жалпы оттегінің құрамын талдау және болат құю шөмішінен металл құю кезеңінде азот концентрациясының артуы. Қазіргі уақытта кейбір металлургиялық кәсіпорындарда жеткілікті ресурстардың болмауына байланысты металл сапасына жанама бақылау толық көлемде жүзеге асырылмаған: персонал және сынақ жабдықтары. Жалпы оттегі болаттың тазалығын оксидтер арқылы анықтайтыны белгілі. Оксидтер түріндегі байланысқан оттегінің мөлшері шөміштегі қоспаларды тотықсыздандыру және жою технологиясына, сондай-ақ қолданылатын металл құю тәжірибесіне байланысты. Сұйық болаттағы оттегі, оның қатты болаттағы концентрациясының күрт төмендеуіне байланысты, кристалдану кезінде ерітіндіден түсіп, қажетсіз оксидтердің қосындылары бірден пайда болады. Бұл процестер сұйықтықтың қатты күйге өтуінің кеш сатысында жүретіндіктен, түзілген оксидтердің пайда болуына сенуге болмайды. Сондықтан болат таза болып шығады және қатаю кезінде оттегінің жалпы мөлшері аз болатын (еріген және оксидтерде тоқтатылған) жақсы сапамен сипатталады [11,12].

Болат балқытуда сұйық болаттағы жалпы оттегінің соңғы концентрациясы 1-ден 50 ppm-ге дейін (0,0001-ден 0,0050 мас.% дейін), ал қатты болатта 5-тен 35 ppm-

ге дейін (0,0005-тен 0,0035 мас.%). Бұл оттегінің концентрациясы ауа атмосферасынан, қождан және отқа төзімді футеровкадан оттегімен әрекеттесу кезінде болатын өндіру және құю процесінде жүретін физика-химиялық процестерге байланысты [13,14].

Қазіргі уақытта болаттың күкірт құрамын 0,0010 мас.% және оттегі 0,0010 мас.% аспайтын мөлшерде шектейтін стандарттар бар мас аспайды [15]. 80-ші жылдардың басында мұндай талаптарға қол жеткізу қиын болып көрінді, бірақ оларды тек таза шихта материалдары мен балқыту процестерін, ең алдымен электроқожды балқытуды қолданған кезде ғана орындауға болады. Мысалы, құрылымдық болаттардағы күкірт пен фосфордың рұқсат етілген мөлшері 0,040 мас.% жетті, яғни қазір талап етілгеннен 40 есе жоғары. Құюдың жаңа тәсілдері, мысалы, «жұқа сляб» (70-105 мм) және металдың мамандандырылған мақсаты (дәнекерленген құбырлар өндірісі) құрамында күкірті 0,0030 мас.% және кейде 0,0010 мас.% аз болатын және оттегінің % жалпы мөлшері 0,0020 мас-тан аз болат өндіру қажет екенін көрсетеді. Басқа жағдайларда құю жабдықтарының авариялық жұмысы (құю стақандарын отқа төзімді қоспалармен қатайту, металдың кристалданатын қыртысының жарылуы және т.б.) және металл прокатының сапасының төмендеуі (механикалық қасиеттерінің нашарлауы, металдың стратификациясы, күкірттің жойылуының жоғарылауы, беткі жол берілмейтін ақаулар – жарықтар, тұтқындар және т. б.) байқалады.

Құю кезінде металл сымдарын қатайту мәселесі әлемдік металлургияда 60 жылдан астам уақыт бойы белгілі болды [15]. Болат балқыту өндірісіндегі технологияны дамытудың қазіргі жағдайына сүйене отырып [16-21] қазіргі уақытта қазіргі металлургияда өндірістегі металдың қайталама тотығу процестерін болдырмайтын шаралармен бірге кальциймен модификациялық өндеуді қолдана отырып, алюминиймен тотықсыздандырылған болаттың төгілуі мәселесі сәтті шешілді деп айтуға болады. Осыған қарамастан, бұл мәселе бойынша көптеген жаңа басылымдар бар, бұл отандық және шетелдік кәсіпорындар үшін БҰҚҚ-на «таза болаттың» құю үрдісінің шешілмеген мәселесінің бар екендігін көрсетеді.

Кальций болат өндеу жөніндегі халықаралық симпозиум материалдарында мынадай болжамдар айтылды [18]. Күкірт мөлшері аз болған жағдайда ғана металл емес қоспалардың қажетті модификациясына қол жеткізіледі (0,0050 мас.%), әйтпесе бірдей отқа төзімді металл емес қосылыстар пайда болуы мүмкін-кальций сульфиді (CaS).

Металды кальциймен модификациялаудың жаппай технологиясын енгізгенге дейін барлық болат балқытушылар бақыланатын дәнді алюминиймен тотықсыздандырылған болатты өндіруде қиындықтарға тап болды (таңбалау сынамасында алюминийдің мөлшері 0,01 мас-тан асады.%). Үздіксіз құйылған дайындамаларда үлкен алюминий қосындылары табылды, сонымен қатар БҰҚҚ - да қалыпты құю процесінің жиі бұзылуы байқалды. Алюминийді балқымаға енгізуді азайту және тіпті алып тастау ұсынылды, бұл көптеген зерттеушілердің

пікірінше, құрамында аз мөлшерде сапалы өнім алу тұрғысынан оңтайлы болмады. Бірақ болатты кальциймен өзгертетін өңдеу өндіріс кезінде екіншілік тотығу процестерін болдырмайтын іс-шаралармен бірге металдың БҮҚҚ-на құйылу мәселесін шешті.

Дайын өнімнің тұтынушылық қасиеттеріне эндогендік емес, сонымен қатар қолданыстағы стандарттардың кез-келгеніне сәйкес бағаланбайтын және тек ауызша сипатталатын жалғыз ірі экзогендік металл емес қоспалар шешуші әсер етеді.

Әдетте, дайын прокаттағы 40-50 мкм немесе одан үлкен металл емес қосындылар экзогендік шығу сипатына ие немесе үздіксіз құю кезінде металға енген эндогендік қосындылардың жиынтығы болып табылады. Балқыту технологиясына және үздіксіз құю әдістеріне байланысты экзогендік қосындылар сұйық болаттан толығымен жойылады, ал қатты болатта кездесетін қосындылардың негізгі бөлігі сұйық, қатайтатын және қатты металдардағы әртүрлі физика-химиялық процестер нәтижесінде пайда болатын эндогендік класқа жатады.

Шетелде оксидті қосындылар бойынша «таза болат» ұғымы 2001 жылы Бельгияда халықаралық болат және шойын институты (ISI) құрған технологиялық комитетте (TECHCO) тұжырымдалды [22]. TECHCO – да оксидті металл емес қоспаларды адам басқара алады, яғни болаттағы оксидтердің төмен мөлшері болат өндіру технологиясындағы жетістік және өндірістің жоғары мәдениетін растау болып табылады. Осылайша, жоғары сапалы болат өндіру процесін ұйымдастырудың маңыздылығы атап өтіледі.

Жоғарыда айтылғандардың негізінде технологияны жетілдірудің келесі бағыттары анықталды:

- болат балқыту агрегатынан балқытуды шығару кезінде металды бастапқы тотықсыздандыру;
- шөміш-пеш қондырғысында (ШПК) және вакууматорда болатты пештен тыс өңдеу;
- БҮҚҚ-на үздіксіз құю.

«Таза болат» технологиясының жалпы принциптері -бұл технологиялық процесті қатаң бақылау және цехтағы негізгі технологиялық параметрлердің үздіксіз мониторингі (балқымадағы еріген оттегінің мөлшері, материалдар мен энергия көздерінің шығыны, уақытша технологиялық параметрлер және т.б.). (1.11-сурет).

Бұл бақылау, әдетте, қазіргі заманғы цехта автоматтандырылған мониторинг құралдарын және ақпаратты өңдеудің статистикалық құралдарын қолдану арқылы жүзеге асырылады. Болаттың тазалығын технологиялық бақылау барлық технологиялық операцияларда бақыланады [22].



Сурет 1.11 - «Таза болат» технологиясының жалпы принциптері

Осылайша, металдың сапасына қойылатын талаптарды арттыру қол жетімді технологиялар мен әдістерді қолдану арқылы металл емес қоспалардың санын және оның тазалығын азайту жолдарын іздеуді анықтайды.

### 1.3 Болаттағы металл емес қосындылардың үлесін төмендету жөніндегі іс-шаралар

Әдеби дереккөзге сәйкес [23] қосындылардың зиянды әсерімен күресудің негізгі шаралары оларға сұйық болаттан мүмкіндігінше ертерек, дисперсті, ретсіз немесе дөңгелектелген түрде қалқып шығуға немесе ерекшеленуге мүмкіндік беруге бағытталуы керек. Қалқымалы жылдамдық ортаның осы процеске төзімділігіне байланысты. Бұл жағдайда қалқымалы жылдамдық қосу радиусының квадратына және бөлшектердің тығыздығының төмендеуіне пропорционалды түрде өседі және балқыманың тұтқырлығының жоғарылауымен төмендейді.

Температураның жоғарылауымен балқыманың тұтқырлығы төмендейтіні белгілі. Бұл жоғары температурада металл емес қоспаларды тиімді оқшаулады

білдіреді. Сондықтан сұйық күйдегі, сфералық, жеңіл реттелетін, үлкен мөлшердегі металл емес қоспаларды алуға деген ұмтылыс тиімді.

Жойылмайтын және болатта қалатын қосындылар құрылымның ақауларын тудырады және механикалық қасиеттерін нашарлатады. Сондықтан металл емес қосындылардың зиянды әсерін жою және азайту бойынша негізгі шараларға келесі шаралар жатады:

- болатты кешенді тотықсыздандыру;
- болатты тазарту, вакуумдау;
- инертті газдармен және ұнтақты материалдармен үрлеу;
- қосындыларды өзгерту;
- болатты құюдың оңтайлы режимі.

Әрбір нақты жағдайда іс жүзінде болаттағы қосындылардың үлесін азайту жолдары, сондай-ақ қосындылардың болаттың қасиеттеріне теріс әсері минималды болатын күйге келтіру шаралары анықталады.

Металл емес қосындылардың әсерін азайтудың және болаттың қасиеттерін арттырудың тиімді әдісі-қосылыстардың құрамын өзгерту және морфологиясын өзгерту. Бұл әдіс құю өндірісінде кеңінен қолданылды.

Алюминиймен болаттың соңғы тотықсыздануы оның қанағаттанарлық сапасын қамтамасыз етеді, бірақ тиімді емес болып табылады. Болатта түзілген оксисульфидтердің, корундтың және шпинельдердің өткір бұрышты қосындылары кернеу концентраторы ретінде қызмет етеді, сынғыш микрожарықтардың пайда болуына ықпал етеді және болаттың қасиеттерін төмендетеді. Қосындылардың ең қажет формалары дөңгелек түріндегі қосындылар, олар пайда болған микросынықтарды жабады. Сондықтан өндіріс процесінде болаттар глобулярлық қосындыларды алуға тырысады. Ол үшін сирек кездесетін (СКМ) және сілтілі жер (СЖМ) металдары кеңінен қолданылады: Mg, Ca, Ba, Ce, La, Y және т.б. Бұл металдар оттегіге, күкіртке, азотқа жоғары жақындыққа ие және олардың зиянды әсерін бейтараптандырады. Мұндай элементтерді сұйық болатқа енгізу қосылыстардың глобуляризациясына, болатты олардан тазартуға әкеледі.

Әдетте, СКМ және СЖМ болат балқымасына лигатуралар мен ферроқорытпалар түрінде енгізіледі: силикокальций, ферроцерий, ТКМК (темір-кремний-магний-кальций), силикобарий, алюминий және т.б. лигатураларды қолдану тиімдірек, өйткені ол СКМ және СЖМ ассимиляциясын арттырады және модификация әсерін арттырады.

Болатты силикокальциймен өңдегеннен кейін қосындылардың табиғаты айтарлықтай өзгереді. Бұрыштық қосындылар глобулярлы перитектикалық қосындыларға айналады. Бұл күрделі оксисульфидті қосындылар металл матрицаның ішінде бір-бірінен айтарлықтай қашықтықта орналасқан. Корунд пен шпинельдің өткір бұрышты кристалды қосындылары дөңгелек сульфидті мембраналардың ішінде орналасқан. Болаттың механикалық және пайдалану көрсеткіштері айтарлықтай жақсарады.

Сирек жер металдарының ішінен болат балқымаларын өңдеу үшін лантан, церий, иттрий жиі қолданылады. СКМ-нің тән ерекшелігі - олардың болаттағы элементтердің көпшілігіне, әсіресе оттегі, күкірт, азот, сутегі, фосфор, түсті металдар (Pb, Bi, Sb, Sn және т.б.) сияқты қажетсіз қоспаларға жоғары химиялық жақындығы. СКМ болаттағы осы қоспалардың құрамын азайтып қана қоймай, оларды белсенді формалардан пассивті формаларға ауыстырады, бұл дәндердің шекараларын тазартуға көмектеседі. СКМ (оксидтер, сульфидтер, нитридтер) түзетін қосылыстар болат құрылымына да өзгертуші әсер етеді.

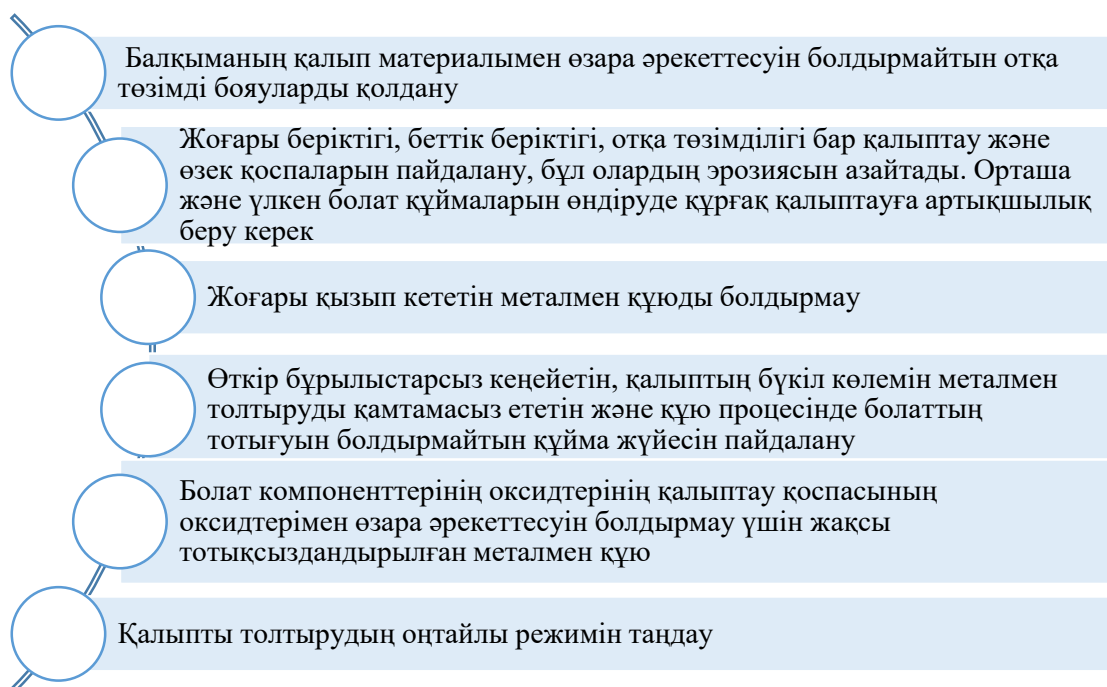
Алайда, болат қоспалары бар СКМ қосылыстарының тығыздығы болаттың тығыздығынан сәл аз екенін ескеру керек, сондықтан оларды жою қиын. Демек, СКМ қоспаларымен болатты өңдеудің ең үлкен әсері олардың қалған қосындылардың морфологиясына әсер етуімен қол жеткізіледі.

Металл емес қосындылардың модификаторларын бағалаудың негізгі критерийлері: оттегі, күкірт, азот және көміртегі бар элементтердің түзілу энергиясы, олардың сұйық болатта ерігіштігі, сұйық болаттың температурасындағы бу қысымы, модификаторлардың құны, олар түзетін қосындылардың тығыздығы. Сульфидтердің, оксидтердің, оксисульфидтердің, нитридтердің және басқа қосылыстардың түзілуінің стандартты бос энергиясы жеке элементтердің модификациялық әсерінің қарқындылығын анықтайды.

Металл емес қоспаларды модификациялау кезінде болаттың тазалық дәрежесінің оңтайлы үйлесімімен нәтижелердің қайталануын қамтамасыз ететін стандартты технология орнатылуы керек.

Экзогендік металл емес қосылыстардың пайда болуына жол бермейтін негізгі шараларға мыналар жатады [23] (1.13-сурет):

Болаттағы металл емес қосылыстардың сипаты мен формасы үрлеуден кейін металдың оттегінің құрамына және тотықсыздандыру әдісіне байланысты. Металды реакциялар өнімдерімен лақтау, конвертерлерде металды үрлеу кезінде қаптаманы және қожды бұзу процесімен қатар, металды қожбен шаю және металда ілінген соңғы ұсақ бөлшектерді ассимиляциялау, сондай-ақ көпіршіктердің флотацияланатын әрекеті есебінен металды қосындылардан тазартудың қарама-қарсы процесі үздіксіз жүреді. Бұл процестердің қарқындылығы мен қатынасы қождың тұтқырлығына және оның беткі қасиеттеріне байланысты. Операцияның соңында дұрыс ұйымдастырылған процесте металда күкірт, оттегі және азот мөлшері көп болмағандықтан, құрамында сульфид, оксид және нитридті қосындылардың шамалы мөлшері бар болат алу үшін жағдайлар жасалады. Олардың металда қалатын мөлшері тотықсыздандыру, шөміштегі пештен тыс өңдеу және болат құю технологиясымен анықталады.



Сурет 1.13 - Экзогендік металл емес қоспалардың пайда болуын болдырмау шаралары

Кейінгі зерттеулер [24 б. 255-258; 25 б.23-25] металдың фазааралық шекараларындағы беттік қасиеттері – металл емес қосындылар – қож – газ фазасы тотықсыздандыру өнімдерін жою ерекшеліктері негізінен мөлшерге емес, қосынды түріне байланысты екенін көрсетті. Күшті тотықсыздандырғыштармен ( $Al_2O_3$ ) тотықсыздандыру өнімдері силикаттарға қарағанда сұйық болаттан тезірек шығарылатыны анықталды. Корунд қосындыларының жылдам жойылуы жоғары фазааралық кернеумен ( $2000 \text{ мДж/м}^2$ ) және сырғанау құбылысымен түсіндіріледі. Сондай-ақ, жақсы суланумен және фазааралық кернеудің төмен мәнімен сипатталатын силикаттар (үш есе аз:  $600-800 \text{ мДж/м}^2$ ) бірдей өлшемдерде айтарлықтай баяу жойылатыны көрсетілген.

Үздіксіз құйылған дайындамалардың металл емес қосындылармен рұқсат етілген ластануы олардың мақсатымен және қайта бөлу ерекшеліктерімен анықталады. Мысалы, металл өнімдерінің мақсатына байланысты металл емес қоспалардың құрамына қойылатын талаптар айтарлықтай өзгеруі мүмкін. Жұмыста оксидті металл емес қоспалардың төмен концентрациясы бар болатты алудың жалпы принциптері келтірілген [26]. Оксидті қосындылардың санын азайту үшін инертті атмосфераны пайдалану керек, сонымен қатар қождар мен отқа төзімді заттар балқыманы қожбен жақсы араластыра отырып, оттегі потенциалы төмен болуы керек екені анықталды. Осы мақсатқа арналған типтік процестерге шөміш-пеш қондырғылары және вакууматор жатады.  $Al_2O_3$  сұйық болатты болат құю шөмішінен кристаллизаторға тасымалдау кезінде, тіпті оттегі мөлшері өте аз болған



кезде де өлшенген  $Al_2O_3$  ұсақ бөлшектері соқтығысып, агломерацияланып, үлкен кластерлік қосылыстар түзеді [27].

Жұмыс авторлары [28] металдың болат құю және аралық шөміш қожымен, балқыманың тотықсыздану өнімдерімен және қаптаманың бұзылуымен және жоғары белсенді элементтердің қайталама тотығуынан (негізінен алюминий, титан және бор) ластануына негізделген үздіксіз құйылған дайындамалардың макроқұрылымының металл емес қосылыстарының зақымдануының жалпы заңдылықтарын ұсынады. Сондай-ақ, осы жұмыстың авторлары металл емес қосындыларды өлшемдерге бөлуді ұсынады. Қосындылар шартты түрде макро- және микро- болып бөлінеді, егер олар сәйкесінше 1 мм-ден үлкен немесе кіші болса. Эндогендік элементтерге сұйық болатта немесе ауада болатын жоғары белсенді элементтердің (Al және Ti) оттегімен және азотпен әрекеттесу өнімдері жатады. Сұйық болаттағы күкірт темірмен немесе марганецпен және кальциймен әрекеттесіп, сульфидтер түзеді. Қосындылардың бұл түрі әдетте 20 мкм-ге дейін өлшенеді. Титан алюминийден бұрын нитридті немесе оксидті қосылыстар түзеді. Экзогендерге қождан металға түсетін және отқа төзімді заттардың тозуы нәтижесінде қосындылар жатады. Сонымен қатар, жұмыс авторы [29] қайталама тотығу процесінде алдымен темір оксидтері пайда болатынын, содан кейін алюминий сияқты белсенді элементтермен  $Al_2O_3$ -ке дейін тотықсызданатынын қабылдады. Нәтижесінде қайталама тотығу арқылы түзілетін қосылыстар экзогенді болып саналады, өйткені олар құю процесінде қалыптасады және салыстырмалы түрде үлкен.

Әдеби дереккөзде [29 б.189-191] металл емес қосындылардың құрамын азайту үшін қожды сапалы бөлу, болат балқыту агрегаттарының футеровкасының эрозиясын азайтуды, құю және аралық шөміштерді, балқыманы инертті газдармен үрлеуді, сондай-ақ металды сүзуді қамтитын барлық шаралар кешені қолданылатынын көрсетеді. Балқыманы инертті газбен қарқынды өңдеу 15%-дан аспайтын қоспаларды кетіруге мүмкіндік береді, ал 50 мм-ден аз бөлшектердің көпшілігі сұйық металда қалады. Авторлар көбік керамикалық сүзгілер арқылы сүзу арқылы балқыманы металл емес қоспалармен қанықтыру мүмкін болмаған кезде металды ең жақсы тазарту әдісін ұсынады [29].

Жұмыс авторлары [30] болат құю және аралық шелектердің металл сымдарының тұрақты өткізу қабілеттілігін қамтамасыз ету маңызды екенін атап көрсетеді, өйткені алюминиймен тотықсыздандырылған болаттар көп мөлшерде алюминий түзеді, бұл олардың өткізу қабілетін төмендетеді. Сондай-ақ, құюдың жоғары жылдамдығымен металл емес қоспалар арқылы болаттың тазалығы маңызды фактор болып табылады. Бұл жұмыста алюминаттар мен металл емес қоспаларды өзгерту үшін Ca бар болатты сыммен өңдеу ұсынылды [30].

Жұмыста [31] металдың оксидті қосылыстармен ластану деңгейіне екіншілік тотығу және араластыру ұзақтығы әсер ететіндігі анықталды. Алюминий қоспаларының шығарылымда және жетілдіру процесінде таралуы металдың

оксидті металл емес қосындылармен ластануының жалпы деңгейіне айтарлықтай әсер етеді. Болаттың құюылуын және прокаттың сапалық көрсеткіштерін жақсарту үшін кальциймен өңдеу арқылы оксидті металл емес қосындыларды модификациялау кеңінен қолданылады.

Жұмыста [32] шөміштер мен оларда өңделетін болаттың тотығуының құю процесінің тұрақтылығына және металл өнімдерінің ақауына теріс әсерін азайту үшін келесі шараларды қолданған жөн: жоғары оксидті шөміштің беткі қабатында жоғары глиноземді төсемнің жиналуын болдырмау мақсатында металда алюминий мөлшері 0,007% - дан аспайтын және 0,015% - дан кем емес балқымаларды өңдеуді кезектестіру құю процесінде ағынды және металды отқа төзімді құбырмен қоршаған ауадан қорғау; пеш-шөміг қондырғысында (ПШҚ) металды силикокальциймен өңдеу.

Сондай-ақ, [33] жұмыста болат балқыту өндірісінің маңызды проблемасы қосындылар бойынша берілген тазалықты қамтамасыз ету болып табылады. Егер қосындылардың көпшілігі оксидтер сипатына ие болса, онда оттегінің жалпы мөлшерін анықтау қосындылардың деңгейін бағалау үшін пайдалы болуы мүмкін. Оксидті қосындыларда байланысқан оттегі, әдетте, алюминиймен соңғы тотықсыздандырылғаннан кейін барлық оттегінің негізгі бөлігін құрайды. Оттегінің жалпы мөлшері көбінесе инертті газда немесе фракциялық газ анализінде балқу әдістерімен анықталады. Жалпы оттегінің мөлшерін өлшеу-болаттың тазалығын оксидтер арқылы бағалаудың жеделдетілген әдісі. Жұмыстың авторы [33] болат өндіру процесінде алынған сынамалардағы оттегінің жалпы құрамын анықтау әлі де қосымша зерттеулерді қажет ететін мәселе деп санайды.

Шетелдік зерттеушілер [34] сондай-ақ жұқа табақты илемдеу өндірісінде қолданылатын болатта металл емес қосындылардың болуы тапсырыс берушінің кейінгі өңдеу кезеңдерінде беткі ақаулардың немесе жыртылулардың пайда болуына әкелетінін анықтады. Авторлар металл тазалығының жоғары дәрежесін болат құю шөміштерін белгілі бір уақыт бойы ілулі ұстау және болатты тік ДҮҚМ-на құю, содан кейін құю және аралық шөміштерде қож режимін тиісті бақылаумен иілу сияқты шаралар арқылы қамтамасыз етуді ұсынады. Шөміштегі сұйық болаттың аз көлемінде (әдетте шелекті ауыстырар алдында) құю шөмішінен дискретті металл құю процесінен аралық шөміштен кристаллизаторға үздіксіз құю процесіне өту сәті өте маңызды, өйткені шөміш қожының құйылатын болатқа деген құштарлығы және оны қорғаныс құбыры арқылы аралық шөмішке кіргізуі мүмкін. Болат құюдың соңғы сатысында қождың минималды түсуін қамтамасыз ету үшін ДҮҚМ-да қожды ерте анықтайтын индуктивті жүйелермен жабдықтауды ұсынады. Бұл жүйелер ынталы қождың көлемін азайтуға ықпал етеді, бұл жоғары сапалы құйылатын болат маркаларына қол жеткізуге мүмкіндік береді, тазалық дәрежесі бойынша жоғары талаптарға ие [34].

Жұмыс авторлары [35] аралық шөміштердің дизайнын зерттей отырып, аралық шөміштегі саңылаулары бар профильді бөлімдерді қолдану үлкен

экзогендік қосылыстарды жоюға көмектесетін металл ағындарын қалыптастыруға мүмкіндік береді деп хабарлайды. Бөлімдер металл ағынын алюминий қосылыстарының көпшілігі аралық шелектің құю ыдысындағы «металл-қож» шекарасына түсіп, қожбен сіңіп кететіндей етіп қалыптастырады. Алюминий қосылыстарының концентрациясы жоғарылаған металл кристаллизаторға түсіп, «нүктелік гетерогенділік» типті ақауды құрайды. Олар сондай-ақ аралық шөміштің геометриясын жақсартудан басқа, шламдар мен суықтай илектелген парақтың сапасын жақсарту үшін сұйық металды өңдеу технологиясын жетілдіруге назар аударуды ұсынады:

- болат құю шөмішіндегі аргонды тазарту процесін оңтайландыру;
- сериядағы әрбір үшінші балқымада аралық шөміштен қожды алып тастауды жүзеге асыру;
- болат құю шөмішінен аралық шөмішке түсетін қож мөлшерін азайту (қож датчигін шибер ысырма арнасында қолдану);
- конвертерден шыққан кезде қождың бөлінуін жақсарту;
- аралық шөміштің құю сыйымдылығында глиноземге сіңіру қабілеті жоғарылаған қожды қолдану [35].

Жұмыста [36] пештен тыс өңдеуден кейін металл емес қосындылар бойынша металдың тазалық деңгейі сақталып қана қоймай, сонымен қатар төмендеуі үшін құю кезінде екіншілік тотығудан толық қорғану шарттары, сондай-ақ аралық шөміште және ДҮҚМ-да пайда болатын слябтан металл емес қосындыларды алып тастау қамтамасыз етілуі тиіс деп хабарланды. Пайда болған слябтан металл емес қосындыларды алып тастау дәрежесі металды құю жылдамдығымен, ДҮҚМ түрімен, сондай-ақ қож түзуші қоспаның құрамымен анықталады. Аса жауапты мақсаттағы металл өнімдерін, оның ішінде технологиялық икемділігі төмен металды өндіру үшін қалың парақ жасалатын үздіксіз құйылған слабтың сапасына күкірттің және түсті металдар мен газдардың басқа да қоспаларының құрамы, құрамы, саны және орналасқан жері бойынша, осьтік құрылымдық және газдардың даму дәрежесі бойынша өте жоғары талаптар қойылады. Мұндай слябтарды өндірудің отандық және шетелдік тәжірибесін талдау қисық сызықты ДҮҚМ-на құю кезінде, оның ішінде жоғарғы тік учаскесі бар машиналарда және кейіннен екі фазалы күйдегі слябты иілу-ұзарту кезінде металл өнімдерінің осы санаты үшін құйылған слябтардың сапасына қажетті талаптарға қол жеткізілмейтінін көрсетті.

Мақала авторы [37] жоғары сапалы дайындаманы алу үшін негізгі технологиялық параметрлердің тұрақтылығын сақтау қажеттілігін атап көрсетеді. Балқыту факторларына, пештен тыс өңдеуге, құюға, жабдықтың күйіне және т.б. байланысты параметрлердің өзара өзгеруі тұрақтылықты бұзады және дайындамалардың сапасына теріс әсер етеді. Негізгі және зерттелген факторлар ретінде автор келесі технологиялық параметрлерді белгілейді (Блум дайындамаларына қатысты):

- металдағы күкірт мөлшері – 0,005-0,010%;

- шығарар алдында металдың температурасы, болат құю шөмішінде үрлегенге дейін және аргонмен үрлегеннен кейін аралық шөміште құйылатын болаттың маркасына сәйкес болуы тиіс

- қышқылда еритін алюминийдің мөлшері– 0,010-0,015%;

- болат құю шөмішіндегі металды аргонмен (0,2 м<sup>3</sup>/т) кемінде 7-10 минут үрлеу;

- құю алдында аралық шөміштің қыздыру температурасы – 1100-1200°С;

- кристаллизатордағы аралық шөміштің тығыны (диаметрі 5-6 мм) арқылы металды аргонмен үрлеу (5-15 м<sup>3</sup>/мин) ;

- аралық шелектегі металл деңгейі-кемінде 800 мм;

- балқытылған компонент негізінде қож түзуші қоспаны пайдалану (35% СаО, 37% SiO<sub>2</sub>, 8% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>); ылғалдылық-0,3% аспау қажет;

- суасты стаканын белгілі бір тереңдікте орнату.

Сондай-ақ, [38] жұмыс авторлары технологияның тұрақтылығының маңыздылығын айтады. Бұл жұмыста болат өндіру технологиясынан және үздіксіз құюдан ауытқулар үздіксіз құйылған дайындаманың беткі ақауларының пайда болуына әкелуі мүмкін екендігі көрсетілген: жарықтар, қождар, көпіршіктер және т.б. үздіксіз құйылған дайындамалардың ақаулары илемдеу кезінде илемдеу бетінің ақауларына айналады. Сонымен қатар, кейбір ақаулар бірдей көрініске ие болуы мүмкін, бірақ олардың туындауы әртүрлі себептерге байланысты. Металлографиялық зерттеулер ақаудың морфологиялық және генетикалық белгілерін анықтайды. Ақаудың морфологиялық белгілері оның бетіне таралу жиілігі мен ұзындығын, сондай-ақ прокаттың көлденең қимасындағы ақау қуысының пішінін анықтайды. Мысалы, прокат ақаулары, әдетте, прокат ұзындығы бойынша геометриялық тұрғыдан дұрыс орналасады және орналасу жиілігі (басып шығару, күннің батуы, тәуекел және т. б.), ал газ көпіршіктері ретсіз, бір сызықта емес, жиі топтарда орналасады. Болат балқыту ақауларының қуысының пішіні олардың кристалдану және жылу тарату схемаларына байланысты құйылған металдағы пішініне байланысты. Генетикалық белгілер болат өндірісінің физика-химиялық процестеріне байланысты. Олар ақаулардың әр түріне тән. Микроқұрылымда оларға металл емес қосындылар жатады; ақаулар орындарындағы металдың тотығу дәрежесі; белгілі бір құрылымдық компоненттердің болуы және қатынасы, олардың орналасуы. Макроқұрылымда генетикалық белгілерге қоспалар мен негізгі элементтерді жою; болаттағы ластану; жарықтар мен тұтастықтың бұзылуы жатады.

Құюдың өтпелі кезеңдері болатты құюдың температуралық-жылдамдық режимінің кешенді өзгеруімен сипатталады, бұл оның оңтайлы күйінен ауытқуына әкеледі және бірқатар ерекше белгілерге ие [39].

Атап айтқанда, өзгереді:

- кристаллизатордың су салқындатқыш қабырғасына қатайтатын слябтан жылу бөлу шарттары;

- сұйық ұңғымадағы су басқан ағындардың таралуының гидродинамикалық үлгісі және жабын қожына металл емес қосылыстардың пайда болу шарттары;
- қож түзуші қоспаның тұтқырлық параметрлері және оның кристаллизатор қабырғасы мен сляб қыртысы арасындағы алшақтықта жұмыс істеу шарттары;
- газдың бөліну шарттары, ең алдымен сутегі, қатайтатын слябтан газ саңылауына дейін;
- слябтың термиялық кернеулі күйі, оның ішінде дайындаманың созылу аймағында.

Құйма ақауларының оны алу тарихына тәуелділігі және одан әрі қайта бөлу кезінде кейінгі трансформация шикізаттан дайын өнімге дейінгі бүкіл өндірістік желі бойынша процестің технологиялық параметрлерін кешенді есепке алуды талап етеді.

Басқа авторлар [40] ДҮҚМ-да металл құюдың технологиялық режимдерін сақтауға назар аударады. Бір балқымадан екіншісіне тартудың жұмыс жылдамдығының өзгеруінен басқа, бір балқыманы құю кезінде тарту жылдамдығының ауытқуы да осы дайындамадан дайындама мен парақтың сапасына әсер етті. Дайындамалардың жекелеген учаскелерін тарту жылдамдығының күрт төмендеуімен немесе жоғарылауымен құю кезінде осы өтпелі учаскелерден илектелген парақтарда көп жағдайда илемдеу бағыты бойынша созылған шағын тар ойпаттар түріндегі беткі ақаулар байқалды. Бұл ақаулар жарықтар мен металдың бөлінуінен пайда болды, олардың кейбіреулерінде қож қалдықтары болды. Бұл ақаулардың пайда болуының негізгі себебі кристаллизатордағы металл деңгейінің ауытқуы, қождың қалыптасуының тұрақты процесінің бұзылуы, тартылатын дайындаманың бетінде біркелкі емес қож гарнисажының пайда болуы, қайталама салқындату режимінің күрт өзгеруі және қыртыстағы термиялық кернеулер болды. Осылайша, болаттың сапасы мен тазалығы мәселесі өндірістің барлық кезеңдерінде – өндірістен бастап оны ДҮҚМ-да ге құюға дейін шешіледі.

Кристалдану және салқындату процесінде әртүрлі химиялық қосылыстар түзу үшін ерітіндіден қоспалардың түсуі сөзсіз болды. Осы химиялық қосылыстардың ішінен тек СО ұшқыш (газ) болып табылады, ал қалғандары қатты болат көлемінде белгілі бір дәрежеде бекітілген металл емес қосындылар түрінде тәуелсіз, конденсацияланған фазаны құрайды. Сондай-ақ, отқа төзімді материалдар мен қождардан тұратын, шығару және құю кезінде сұйық металл ағынымен механикалық түрде тартылатын және қатайтылған болатқа бекітілген қоспалар қауіп төндіреді [41,42].

Жұмыста [43] тотықпаған металдағы металл емес қосындылардың құрамы болат балқытылған қож құрамынан іс жүзінде ерекшеленбейтіндігі көрсетілген. Осылайша, кез-келген қатты болатта оның пайдалану қасиеттерін төмендететін әр түрлі металл емес қосындылардың болуы сөзсіз. Металл емес қосындылардың болаттың механикалық қасиеттеріне теріс әсері, біріншіден, олар металдың

тұтастығын бұзады, екіншіден, металмен салыстырғанда кеңею коэффициенті әртүрлі және деформациялануы бірдей емес, сондықтан металл емес қосындылардың мөлшері жоғарылаған кезде болатын шаршау күші мен тозуға төзімділігі төмендейді [44]. Демек, өнімге металл емес қосындылардың теріс әсеріне байланысты технологиялық процесс кезінде металдан металл емес қосындыларды алып тастау қажеттілігі туындайды.

#### **1.4 Қожды бөлуге арналған қолданыстағы құрылғыларды талдау**

Конвертердің ағыс саңылауын жабуға арналған металл таяқшалар негізінде жасалған құрылғы бар, оған серіппелі икемді сегменттік клапан орнатылады, оның ортасы стерженнің бас бөлігіне мықтап бекітіледі, ал сегменттік клапанның периметрі жұмыс күйінде қысылып, таяқшаның бойымен ағыс саңылаудың диаметрінен кіші сақинамен бекітіледі. Серіппелі сегменттік клапан түріндегі құрылғы ағыс саңылауының ішіне қажетті тереңдікке шығарылады, содан кейін бекіту сақинасы жоғары температурадан босатылады, ал серіппелер есебінен құрылғы саңылауға бекітіледі [45].

Бұл құрылғының кемшілігі - бұл құрылғының клапанға сұйық қож мен металл массасының динамикалық соққысы есебінен соққыға түсуіне байланысты, құрылғының саңылау каналында жеткіліксіз бекітілуіне байланысты, әсіресе арнада бөгде скрапиндер, алдыңғы балқытудан қатып қалған қож және үрлеу кезінде қож-металл эмульсиясының шығарындылары болған кездегі төмен пайдалану сенімділігі.

Техникалық мәні мен қол жеткізілген нәтижесі бойынша конвертердің ағыс саңылауын жабуға арналған, құрамында металл стержень бар, стационарлық және жылжымалы стерженнің бас бөлігіне бекітілген икемді сегменттік клапандар, жылжымалы клапанға арналған тіреу, тұрақтандырғыштар, соңғы бөлігіндегі қарсы жүктемесімен жабдықталған қондырғылар [46-47] ең жақын болып саналады. Сегменттік клапандардың сыртқы диаметрі (1,1 м) болат ағыс саңылауының диаметріне тең болуы керек. Құрылғыда бір немесе одан да көп тұрақтандырғыштар болуы мүмкін. Құрылғыда екі тұрақтандырғыш болған кезде, құрылғының ағыс саңылауында сақталуын ескере отырып, ағыс саңылауы диаметрінің тұрақтандырғыш диаметріне қатынасын  $1:(0,85-1,2)$  ретінде сақтау қажет. Клапандарды бекіту сақиналары тесік диаметрінің диаметрі (0,65-0,95) жеңіл балқитын материалдан жасалған, бұл клапандарды тесікке күш жұмсамай енгізуге және бекітуге мүмкіндік береді. Серіппелі икемді сегменттік клапандар мен тұрақтандырғыштар ыстыққа төзімді материалдан жасалған (серпімділік, икемділік, жоғары температураға төзімділік), бұл клапандардың конвертер қуысына айналуы үшін жеткілікті және ағыс саңылауынан өткеннен кейін жылжымалы клапан стационармен үйлеседі және құрылғының қосымша элементтерімен – контррузиямен қамтамасыз етіледі. Жоғарыда аталған

құрылғының кемшіліктері-балқу температурасы жоғары, яғни қою және тұтқыр, сондай-ақ тығыздығы жоғары массасы бар және ақырында беттік белсенді бөлшектермен, яғни көбікпен жұмыс істей алмау қасиеті.

Жұмыс [48] негізіндегі құрылғысын пайдалану шығару саңылауының қаптамасының беріктігін арттырады, бұл өз кезегінде сұйық металмен үнемі байланыста болған кезде қаптаманың пайдалану қасиеттерін мерзімінен бұрын жоғалту себебінен болатқа түсетін оксидті металл емес қосындылардың үлесін азайтуға ықпал етеді. Бұл құрылғының мақсаты көміртекті жартылай өнімді шығарудың бастапқы кезеңінде қожды металдан бөлу болып табылады.

Клапанның диаметріне саңылаудың кіші диаметрін беру үшін созылған серіппелі клапанға жанғыш тіреу орнатылады. Конвертер персоналдың көмегімен ағыс жұмысын қамтамасыз ететін жағдайға ауыстырылады, құрылғы тіреуге енгізіледі, бұл құрылғының конвертердің жұмыс кеңістігіне құлауын болдырмауды қамтамасыз етеді, 10-20 секундтан кейін тіреу жанып кетеді және конвертерді еңкейту арқылы клапан ағыс блогының қаптамасына қысылып, қож балқымасы бөліне бастайды.

Бұл құрылғыны пайдалану «бастапқы конвертерлі қожды» бөлуге, болаттың сапасын жақсартуға және болат балқыту қондырғысының қаптамасының беріктігін арттыруға арналған. Бірақ бұл құрылғы ағыс саңылауын қожбен қаптамай бөлудің кепілдендірілген шарты емес, өйткені қождағы темір оксидінің концентрациясы 23-33% болған кезде жеңіл қож әлі де болат құю шөмішіне құйылады.

Келесі белгілі құрылғы [49] конвертердің жұмыс кеңістігіне ену мүмкіндігімен ерекшеленеді. Бұл құрылғы сұйық металды шөмішке құю кезінде қожды бөлуге арналған. Құрылғы - бұл «кевлар» типті резеңке матадан жасалған иілген тақтайшалар, олардың саны 2-5 дана, жапырақшалар түрінде орналасқан. Бұл құрылым қаттылықты қамтамасыз етуге және құрылғының саңылаудан құлап кетуіне жол бермеуге арналған. 2 пластинадан аз болған кезде клапанның деформациясы пайда болады және қож бен металл балқымасының саңылауы байқалады; 5-тен астам пластиналар болған кезде қатты клапан құрылымын қалыптастыру мүмкін емес.

Бұл құрылғының жасалуы келесідей: сыртқы диаметрі 19,1 мм және қабырға қалыңдығы 1,7 мм ұзындығы 230 см оттегі түтігіне түтіктің 1 бас бөлігінен 35 см қашықтықта 10 см негізі бар 2 болаттан жасалған жартылайсфера бекітіліп, негізі 6 см болатын 5 шағын жартылайсфера қолданылады, ал олардың арасына 2 см қабаттасып төрт жапырақша салынады – 4. Кішкентай жарты шарды үлкенге басу арқылы жапырақшалар пайда болады және оларды бекіту үшін кішкене жартылай сфералық нүктелік дәнекерлеу арқылы түтік өзегіне бекітеді. Жарты шарлар қалыңдығы 1,0 мм болаттан, қалыңдығы 8 мм конвейер таспасынан жасалған. Құрастыру нәтижесінде диаметрі 22 см және биіктігі 20 см негізі бар «қоңырау» тәрізді зат пайда болады.

Келесі операция -  $2 \times 10 \times 60$  мм болат пластиналарды жазық бойымен 8 дана

мөлшерінде 75 см және түтіктің бас бөлігінен 170 см қашықтықта тұрақтандырғыш ретінде дәнекерлеу. Кейін конвертер металды құю үшін еңкейтіліп, қақпақ қаптамаға қарай қысылады және осылайша қожды металдан ажыратады.

Бұл құрылғыны пайдалану ағыс саңылауы қаптамасының беріктігін арттыруға, жөндеу шығындарын азайтуға, қождан шығатын металл емес қосындыларды азайту арқылы болаттың сапасын арттыруға мүмкіндік береді. Бірақ бұл құрылғының басты кемшілігі-бұл құрылғы металды құюға арналған қондырғының кез-келген бұрыштық көлбеуінде жұмыс істей алмайды.

Сондай-ақ, материалдарды болат құю шөмішіне жіберуге арналған құрылғыны қарастыратын басқа құрылғы [51] белгілі. Бұл құрылғы металл емес қосындылардың үлесін азайту арқылы болаттың сапасын арттыруға арналған. Жеке элементтердің ассимиляциясын арттыру үшін стационарлық науаларды жылжымалы науаларға ауыстыру арқылы тотықсыздандырғыштарды беру торабын жетілдіру ұсынылады.

Қолмен реттеуге болатын режимдегі науаны қолдануға болады, бұл әдіспен құрылғы келесідей жұмыс істейді: алдыңғы тәжірибенің параметрлері бойынша науаның орны тігінен және көлденеңінен еркін қозғалатын жұмыс орнына орнатылады, тізбектер мен карабиндердің көмегімен науа мен жақтауға бекітілген. Құрылғының үстінде алдын ала өлшенген диспенсер бункер арқылы науаның орталық бөлігіне (топсалы тірек аймағына), содан кейін ұсынылған жеткізу аймағына материалдар ағыны беріледі. Толтыру немесе қабылдау сыйымдылығын ауыстыру кезінде карабиндер қолмен ашылады және науаны тізбектің басқа буындарына ауыстыру арқылы қолайлы жағдайға бекітеді, содан кейін материалды беру қайта басталады. Жақтауға дәнекерленген тіректер мен арқалықтардағы шексіз көздер тізбектің кез келген ұзындығына және шұңқырдың көлбеу бұрышына тарту күштерін жасауға мүмкіндік береді.

Негізгі кемшіліктер - қызмет көрсетуші персоналдың қауіпсіз жұмысын қамтамасыз етпейтін жағдайлар, сондай-ақ науаның төмен маневрлігі, карабиндерді тізбектің басқа буындарына қолмен үнемі ауыстыру, сондай-ақ денеге динамикалық-дірілдік әсер ету.

Қондырғыны жобалаудағы ең жақсы әдіс-электр жетегі, ол тізбекті беру арқылы бұрандалы қосылыс арқылы вагонның қозғалысына әкеледі, осылайша материалдар ағынын басқарады. Тұрақты ток қозғалтқышының кері соққысы науаның тік және көлденең жазықтықта қозғалуына мүмкіндік береді.

Келесі техникалық шешім - болат құю шөмішіне түсетін қождың үлесін азайту үшін конвертер қондырғысының мойнының құрылымдық ерекшеліктерімен сипатталатын өнертабысы [50]. Конвертер агрегатынан металды ағыс саңылаулары арқылы шығару кезінде эжекция арқылы металдың үстіндегі қож балқымасы тартылады, осылайша дайын металда қажетсіз металл емес қосылыстардың болуын арттырады. Металдың төмен деңгейі конвертердің ағыс саңылауының үстінде кратер воронкасын жасау арқылы сұйық металға қож балқымасын енгізеді.



Тығыздығы қож тығыздығынан үлкен ( $1,7-3,5 \text{ г/см}^3$ ), бірақ металл тығыздығынан аз ( $7,8 \text{ г/см}^3$ )  $4,2-6,6 \text{ г/см}^3$  деңгейінде металл-қож аралығында қалқып жүретін дротик-юла түрінде металл мен қож балқымаларын бөлуге арналған өнертабыс белгілі, ал металды құю аяқталғаннан кейін ағыс саңылауын бітеліп қож бөлініп шығады [51]. Бұл құрылғыны пайдаланудың қиындығы, ол көбінесе конвертердің қаптамасының жұмыс қабаты қызған кезде белгілі бір аймақтан «жүзіп кетеді», футеровканы бірге қыздырылып, қауіпсіздік ережелерін сақталса да, төтенше жағдай туғызады. Сондай-ақ, дротик-юла қажетті нүктеге тасымалдау және түсіру үшін манипулятордың қымбаттығын атап өткен жөн, бұл шектеулі көріну, шаң-газ ағындарының динамикасы, жоғары сәулелену жағдайында қиын, өйткені шығару кезеңінде металл мен қождың температурасы  $1600-1680^\circ\text{C}$  деңгейінде болады.

Металл ағынына қатысатын қож массасын азайтудың ең көп қолданылатын нұсқасы-металл деңгейін (қабат қалыңдығын) ағыс саңылауынан ұлғайту және қож қабатын мүмкіндігінше жоғары бұру. Конвертердің прототипі-конструкциясында ортаңғы және төменгі бөлік агрегат еңкейген кезде ағыс саңылауында үстіндегі металдың тереңдігін арттыру үшін конустық етіп жасалады [52].

Бұл конвертер құрылымын пайдаланудың негізгі кемшіліктері:

- Конвертердің жұмыс кеңістігінің нақты көлемінің төмендеуі, бұл оттегімен үрлеу кезінде металл мен қождың саңылау мен мойын арқылы шығарылуына әкеледі;

- отқа төзімділіктің қайта сұрыпталуына және футеровканың жекелеген учаскелерінің тұрақтылығының төмендеуіне әкелетін футервока қалаудың сатылы жүйесі.

Конвертерден металды шығару әдісі келесідей. Металдың алғашқы бөліктерін болат құю шөмішіне бергеннен кейін конвертердің кезектесіп еңкеюі және көтерілуі жүзеге асырылады, ал мойын аймағындағы металл бетіндегі салқындатылған қож толқын жоталарымен қаптамаға оралады, қождың «айналары» менискісін платинаның шекті деңгейіне біріктіріп, жоғары беріктіктің тегіс сегментін құрайды. Сұйық металдың максималды деңгейін сақтай отырып, кратер шұңқырының пайда болуын болдырмау үшін конвертердің жоғары көтерілу және түсу жиілігімен тербелістер жасалады. Көзбен және инфрақызыл сәулелену камерасымен анықталатын ағында қождың болуының алғашқы белгілері пайда болған кезде, конвертердің максималды айналу жылдамдығы және қондырғыны тік күйге ауыстыру арқылы ағын бұзылады.

Шөмішке түскен металдың алғашқы бөліктерінен кейін конвертердің мойын төсеміне қожды қабаттап жуу арқылы жалған шекті қалыптастыру басталады, конвертерді металл шығарудың барлық кезеңінде еңкейту және көтеру қажет болады. Балқыманың артқа-алға тербелісі кезінде металдың гидродинамикалық ағындары ваннадағы кратер шұңқырының пайда болуына жол бермейді. Жалған табалдырық массиві конвертердің ішіне итеріліп, қалған қожбен араласады және

азот газымен қаптаманың жұмыс қабатына үрленеді. Әрі қарай металл-болат «пеш-шөміш» агрегатындағы стандартты көрсеткіштерге жеткізіледі және дайындамаларды үздіксіз құю машинасына құйылады. Конвертерден металды шығарудың ұсынылған әдісі болаттың сапасын жақсартуға және көміртегі тотығын азайтуға мүмкіндік береді.

Балқымаларды бөлуге кезінде түйін торабы бар құрылғы тағы бір техникалық шешім [53,54] болып табылады. Өнертабыс болат балқытуды қайта бөлуге қатысты бар, атап айтқанда: болат құю шөмішіне балқыманы шығару кезінде металды қождан бөлуге арналған конвертерлерде және доғалы болат балқыту қондырғыларында болат өндіруге қатысты.

Қалыңдығы 2-4 мм болат қаңылтырдан жасалған және конус пішініне қисық конвертердің шығуын жабуға арналған ұқсас құрылғы белгілі. Ағыс саңылауынан құлаудың алдын алу үшін конус негізінің диаметрі шығатын тесіктің диаметрінен 20-40 мм асады [55]. Бұл құрылғының кемшілігі төмен пайдалану сенімділігі болып табылады, өйткені конусты орнату кезінде оның корпусы және ағыс торабының футеровкасы монтаждау кезінде үлкен физикалық күш жұмсау арқылы деформацияланады.

Басқа ұқсас құрылғыда [56], корпус болаттан жасалған құбыр түрінде көп қабатты жұқа парақтан жасалған. Тығындар-бұл парақтың соңғы айналымының сыртқы бөлігіндегі серіппелі кесулер, бірақ тік позицияны қабылдаған кезде мұндай құрылым құлап кетуден кепілдік бермейді, ал ең нашар жағдайда құбырдың корпусы бұрмаланып, қождың саңылауын құрайды.

Жоғарыда сипатталғандай, ұқсас құрылғы [55,56], мұнда бекіту элементі ретінде пластикалық отқа төзімді массаның негізгі кемшілігі бар – бұл отқа төзімді ағыс торабының тозуының жоғарылауы.

Сондай-ақ, ұқсас құрылғы бар [57], онда сегменттік жапырақшалары бар құрылым қолданылады, бұл жұмыс кезінде ыңғайлы емес, себебі бекіту элементі болат балқыту қондырғысының жұмыс кеңістігі жағынан ағыс торабының ішкі жағына орналасып, қожбен бітеледі.

Техникалық мәні мен қол жеткізілген нәтижесі бойынша ең жақын құрылғы [58]. Бірақ бұл құрылғының кемшілігі-тығынның арнайы бекітілуіне байланысты төмен пайдалану сенімділігі, бұл қожды ағыс учаскесіне құюға мүмкіндік береді, ал тығынға арналған өзектегі саңылаулар корпусстың түзулігін әлсіретеді.

Ұсынылған құрылғы [53] «бастапқы технологиялық қожды» толығымен бөліп тастау мәселесін шешуге бағытталған, осылайша металл емес қоспалардың үлесін азайту арқылы болат сапасын едәуір арттырады. Күтілетін техникалық нәтиже - шығатын тесіктің қаптамасының беріктігін арттыру, жөндеу шығындарын азайту, қождан шығатын металл емес қосындылардың санын азайту арқылы болаттың сапасын арттыру, рефосфорация және ресульфация процестерін азайту, сондай-ақ тотықсыздандырғыштар мен легирлеуші компоненттердің шығынын азайту.

Ұсынылған құрылғыны пайдалану конвертердің астарын ұшатын ағыс саңылауы жағынан дәнекерлеу кезінде ағыс арнасының отқа төзімді заттармен бітелуіне жол бермеу үшін мүмкін болады. Техникалық нәтиже балқымаларды бөлуге арналған құрылғы бекіту элементімен жабдықталған зигзаг құрылымы бар конструкцияны көрсетеді. Ұсынылған бекіту құрылғысы құрылғыны конвертер мен электр пешінің жұмыс кеңістігіне кез-келген тереңдікке батыру мүмкіндігімен ерекшеленеді, металды шөмішке құюға арналған қондырғының кез-келген жұмыс бұрышында және ағыс саңылауы осінің көлденеңінен орналасуында қожды бөлуге кепілдік беріледі.

Конвертердің тік осі мен ағыс саңылауы осі арасындағы көлбеу бұрышы  $60^\circ$ . Қожды бөлу элементі ретінде ұзындығы 210 см, сыртқы диаметрі 15,7 см, қабырғасының қалыңдығы 1,8 мм болат құбыр қолданылады. Балқыту процесі аяқталғаннан кейін конвертер жұмыс алаңына қарай ағыс саңылауының ашылуын көзбен шолып бақылауды қамтамасыз ететін деңгейге дейін еңкейеді. Тұншықтырғыш құбыр ағыс торабының алдыңғы жағынан ағыс саңылауына және конвертердің жұмыс кеңістігіне 50 см-ге итеріледі, содан кейін шанышқы құрылғысы тоқтағанға дейін диаметрі 70 мм ағаштан жасалған цилиндр түріндегі бекіткіш элемент орнатылады. Кейін конвертердің көлбеуі құю жағдайын қабылдағанға дейін құбыр бекіту элементіне тіреледі және 2 секундтан кейін қожсыз таза металл болат құю шөмішіне құйылады.

Жоғарыда көрсетілген құбырдан басқа, жоғары қысымды магистральдар үшін перфорацияланған, өрілген және басқа да бөлу құрылғылары, атап айтқанда, шағын диаметрлі штангасы мен түтігі бар, бірақ саңылау диаметрі бойынша шығатын шайбасы және тұрақтандырғыштары бар. Бекіту элементі де тапшы болып көрінбейді, яғни кез – келген тұрақты профиль-шеңбер, шаршы, алтыбұрыш және т. б.

Құрылғыны пайдалану «бастапқы болат балқыту қожын» толығымен бөлуге, металлургиялық қондырғының пайдалану сенімділігін арттыруға, болат балқыту қайта бөлудің техникалық-экономикалық көрсеткіштерін жақсартуға мүмкіндік береді.

Инновациялық патентте [59] сипатталған белгілі құрылғының айтарлықтай жетілдірілуі болып табылатын ұсынылатын тағы бір өнертабыс [60] металл мен қожды бөлуге арналған құрылғы болып табылады, оны бір шөміштен екіншісіне құю кезінде қолдануға болады.

Негіз ретінде металл мен қожды бөлуге арналған шибер жүйесінде жұмыс істейтін, перфорацияланған құбыр мен қақпақ түрінде жасалған, өз кезегінде болат табақтан жасалған өнертабыс [59] алынды. Бірақ сонымен бірге, бұл құрылғыны пайдалану кезіндегі кемшілік - сұйық металдың балқытылған ағынымен құрылғының ішінде артық қысым пайда болады, нәтижесінде бұл құрылғының құбыр түбіндегі тығыздығы бұзылуы мүмкін.

Ұсынылған өнертабыстың мақсаты [60] металдың аралық шөміштен суасты

шыныға еркін шығуын қамтамасыз ету болып табылады. Бұған қолда бар өнертабысты [59] жетілдіру арқылы қол жеткізіледі, бұл кезде құбыр қақпағының астында орналасқан 1-ден 6-ға дейінгі және диаметрі 20-60 мм болатын қосымша саңылаулар арқылы жүзеге асады. Мұндай конструктивті шешім үздіксіз құю дайындамаларын құю машинасын орнату үшін апатсыз жұмысты және металды суасты стаканына қол жетімді төгуді қамтамасыз етеді.

Саңылаулар болмаған кезде кеңейетін газ ағындарының микрожарылуы байқалады, ал 6-дан астам саңылаулар болған кезде жүк көтергіш құбырдың жоғарғы бөлігі әлсірейді, нәтижесінде құрылғының бас бөлігі отырғызу ұяшығына аймағына түсіп, ағыс саңылауын бітеп тастайды, бұл мұздап қалу салдарынан төтенше жағдай туғызады.

Саңылаулардың диаметрі 20 мм-ден аз болса, газ-ауа ағынының құбырдан шығуға мүмкіндігі жоқ, ал диаметрі 60 мм-ден асатын болса, тұрақтылық бұзылады, өйткені қондырғының ауырлық орталығы ауысады және құбырдың жоғарғы бөлігі әлсірейді, осылайша ағыс саңылауы бітеліп қалады.

Металды қождан бөлуге арналған ұсынылған құрылғы [60] қалыңдығы 4 мм, ені 620 мм, ұзындығы 750 мм болат жұмсақ қаптамадан (08кп болат маркасы) жасалады және айналмалы роликті иілу машинасында құбырға оралады. Осыдан кейін ол 0,45 мм саңылауы бар 140 мм қашықтықта 50 мм дәнекерленген аймақтармен түйіседі. Сондай-ақ, қақпақ ішкі диаметрі 215 мм және қабырға биіктігі 150 мм болатын жартылай цилиндр түрінде немесе қалыңдығы 0,4 мм және жағы 600 мм болатын төртбұрышты болат парақ түрінде орнатылады, ол құбырдың жоғарғы бөлігін қоршап, бандажбен бекітіледі. Қақпақ деңгейінен төмен диаметрі 40 мм саңылаулар бар. екі құбыр аралық шөміштің түбіне бірге орнатылады, онда олар негізге бекітіледі. Аралық шөмішті дайындамаларды үздіксіз құю және кристаллизаторлардың үстіне орнату үшін екі тұтқалы сляб машинасына бергеннен кейін шөміш толтырылады. Содан кейін аралық шөміштегі металдың массасы қажетті деңгейге және тиісті температураға жеткізіледі, бұл кезде қалыпты құю барысы байқалады.

Ұсынылған іс-шаралар кешенін пайдалану [48,50,60] сұйық металды тұрақты құюды және экзогендік қосылыстардың балқымаға түсуінен қорғауды қамтамасыз етеді, осылайша металл емес қосындылардың үлесі төмендеуімен алынған металдың сапасын жақсартылады.

## **1 тарау бойынша қорытынды**

Металл емес қосындылар болат сапасының нашарлауының негізгі себептерінің бірі болып табылады. Осыған байланысты металл емес қосындыларды, олардың түрлерін, болат өнімдерінің пайдалану сипаттамаларына әсерін зерттеу бойынша әдеби шолу жүргізілді, сондай-ақ болатқа металл емес қосындылардың пайда болуының негізгі көздері мен тәуекелдері қарастырылды.

Өндірістік циклдің технологиялық параметрлерінің дәл орындалуы талаптарға сәйкес болаттың сапасын тікелей анықтайды, бұл өз кезегінде болат өнімдерінің өнімділігіне әсер етеді. Осыған сүйене отырып, металл емес қосындылардың мөлшері бойынша болаттың сапасына қойылатын талаптар сипатталған. «Таза болат» технологиясының жалпы принциптері сипатталған. Сондай-ақ, болаттағы металл емес қосындылардың үлесіне аз әсер ететін әртүрлі шаралар келтірілген.

Металлургиялық қождың болатқа түсуін азайтуға арналған қолданыстағы құрылғыларға талдау жүргізілді, өйткені бұл дайын болат өнімдерінде металл емес қосындылардың пайда болуының негізгі себептерінің бірі болып табылады. Сондай-ақ, пеш-шөміш қондырғысындағы болаттағы металл емес қосындылардың құрамына металлургиялық қож құрамының әсері қарастырылды. Жүргізілген талдау көрсеткендей, әзірленген әртүрлі құрылғылардың жеткілікті саны бар, олардың мәні болат шығару кезінде металлургиялық қождың түсуін азайтуға дейін азаяды, бірақ әлі де бар әзірлемелердің айтарлықтай кемшіліктері бар. Көптеген ұқсас құрылғыларды талдағаннан кейін металлургиялық қождың болатқа түсуін едәуір азайтуға мүмкіндік беретін техникалық шешімдерді әзірлеу қажет.

## 2 ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ

### 2.1 Зерттеу объектісі

Болаттағы металл емес қосындылардың ең аз саны технологиялық процестің барлық кезеңдерінде – балқытудан бастап дайын өнімді шығаруға дейін өндірістің көрінісі болып табылады. Кез-келген технологиялық операцияның және оны орындау үшін қолданылатын жабдықтың жетілу деңгейі, процестің нұсқаулықта белгіленгеннен ауытқу дәрежесі мен сипаты болаттың тазалығына әсер етеді.

Дайын металл өнімдерінің өзіне тән қасиеттері бар. Оларға масса, салыстырмалы түрде жоғары құрылымдық беріктік, сіңіру операциялары нәтижесінде ең күрделі формаларды қабылдау мүмкіндігі, ал пайдалану кезеңі аяқталғаннан кейін болат балқыту пештері үшін престоде шихта материалына оңай өңделеді, бетіне лак-бояу және коррозияға қарсы материалдарды қолдануға жарамдылығы жатады. Осы және басқа да қасиеттерге байланысты болаттан жасалған материал өнеркәсіпте таптырмас шикізаттың бірі болып табылады.

Дайын болат өнімдері үздіксіз және соңғы уақытта шексіз әсер ететін агрегаттарда, күрделі автоматтандыруға оңай ұшырайтын процестің жоғары жылдамдығында шығарылады, бұл технологиялық процестердің жалпы өнімділігіне ықпал етеді. Өндірістік тізбектегі маңызды кезең-бұл химиялық құрамы, технологиялық және механикалық қасиеттері, құрылымы анықталған металлургиялық қайта бөлу үрдісі. Сондай-ақ, болат балқыту кезеңінде болатқа металл емес қосындылардың пайда болуымен байланысты кедергілер бар. Бұл қайта бөлу үрдісі сапаны белгілеу тұрғысынан ең жауапты деп айтуға болады, бұл үрдістен соң технологияның қателіктерін түзету мүмкін болмайды.

Осылайша, болатты балқыту технологиясының маңызды ерекшелігі - бұл дайын металл өнімінің сапасын, соның ішінде болаттың тазалығын және ондағы металл емес қосындылардың болуын анықтайтын барлық технологиялық параметрлердің өзара әрекеттесуі болып табылады.

Болаттың сапасына қойылатын жоғары талаптар өндірістің жетілдірілген әдістерін қолдану қажеттілігін тудырады. Болат сапасын бақылау кезінде өнім сапасының көрсеткіштерінің стандарттар мен басқа да нормативтік құжаттардың талаптарына сәйкестігі белгіленеді, сондай-ақ барлық технологиялық режимдерді оңтайландыру мақсатында өндіріс тіркеледі және талданады.

Металл сапасының нашарлауының негізгі себептерінің бірі-металл емес қосындылар. Технология деңгейіне байланысты технологиялық процестердің әртүрлі кезеңдерінде өндіріс процесінде металл емес қосындылардың саны артуы мүмкін. Өндіріс процесінде кейбір металл емес қоспалар олардың шамалы мөлшеріне байланысты металл өнімдерінің технологиялық қасиеттеріне әсер етпейді. Басқалары, керісінше, металдың өнімділігін едәуір нашарлатуы мүмкін. Металл емес қосындылардың болуы металды негізгі мақсатта пайдалануға

мүмкіндік бермейді және металды ақаулық салдарына әкелуге негіз бола алады. Металл емес қосындылар болаттың сапасын төмендетеді. Көп жағдайда металл емес қосындылардың болуына жол берілмейді немесе тиісті ГОСТ және техникалық шарттарда ескертіледі.

Өндіріс технологиясының бұзылуы (ауытқуы) ақауларға әкеледі және металдың сапасын төмендетеді. Технологияның ең көп таралған бұзылуларына мыналар жатады: температураның технологиялық нұсқаулықтың талаптарынан ауытқуы, сондай-ақ өңдеу режимдерін сақтамау. Нәтижесінде металл емес қосындылардың саны артып кетеді. Өңдеу режимдерін және температуралық режимді сақтау ақаусыз өнімді алудың маңызды факторларының бірі болып табылады.

## 2.2 Статистикалық зерттеу әдістемесі

Көбінесе металлургиялық процестерді зерттеу кезінде ықтималдықтар теориясы мен математикалық статистика элементтері қолданылады. Бұл жағдайда кездейсоқ шамалар қолданылады. Зерттеу нәтижесінде алдын-ала белгісіз және алдын-ала ескерілмейтін кездейсоқ себептерге байланысты бір және бір ғана мүмкін мәнге ие болатын шаманы кездейсоқ шама деп атайды [61 б. 271-273].

Бастапқы статистикалық өңдеу математикалық болжам, дисперсия, орташа квадраттық ауытқу, эксцесс, асимметрия және т.б. сияқты статистикалық параметрлерді табудан тұрады.

Көптеген жағдайларда математикалық болжамды кездейсоқ шаманың орташа мәні  $x$  түрінде ұсынуға болады:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad (2.1)$$

мұндағы  $N$  – сынамалар саны.

Кездейсоқ шаманың мүмкін мәндері оның математикалық болжамының айналасында қалай таралғанын бағалау үшін, атап айтқанда, дисперсия деп аталатын сандық сипаттама қолданылады.

$$D = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2. \quad (2.2)$$

Дисперсиядан басқа таралуды бағалау үшін кейбір басқа сипаттамалар қолданылады. Олардың қатарына орташа квадраттық ауытқу (ОКА) жатады:

$$S = \sqrt{D}. \quad (2.3)$$

Деректерді статистикалық өңдеу кезінде өрескел қателіктерді анықтау үшін сынаманы тексеру қажет. Көптеген критерийлер бар, олардың көмегімен өрескел қателіктерді іріктеуге болады. Іс жүзінде Стьюденттің таралу кестелері жиі қолданылады. Аномальды мәндерді алып тастаудың бұл критерийі ең қарапайым болып табылады.

Критикалық мән  $\tau_P$  Стьюденттің таралуының критикалық мәні  $t_{(P,N-2)}$  арқылы өрнектеледі және кестелік мәнімен салыстырылады  $\tau_{КЕСТЕ}$ :

$$\tau_P = \frac{t_{(P,N-2)}\sqrt{N-1}}{\sqrt{N-2 + [t_{(P,N-2)}]^2}} \leq \tau_{ТАБЛ}, \quad (2.4)$$

мұндағы  $P$  – ықтималдығы.

(2.4) өрнегін қанағаттандырмайтын мәндер жойылады.

Келесі қадам - сынаманы қалыпты үлестіруге тексеру. Қалыпты деп тығыздықпен сипатталатын үздіксіз кездейсоқ шаманың ықтималдығының таралуын айтады:

$$f(x) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\bar{x})/2S^2}. \quad (2.5)$$

Қалыптыдан басқа таралымды зерттегенде, бұл айырмашылықты сандық бағалау қажет болады. Осы мақсатта арнайы сипаттамалар енгізіледі, атап айтқанда асимметрия және эксцесс. Қалыпты таралу үшін бұл сипаттамалар нөлге тең. Осы параметрлердің көмегімен таралудың қалыпты таралуға қатысты жақындығын немесе ауытқуын болжауға болады.

Теориялық таралудың асимметриясы деп үшінші ретті орталық моменттің  $\mu_3$  орташа квадраттық ауытқу кубына қатынасын айтады:

$$A_S = \mu_3 / S^3. \quad (2.6)$$

Қалыпты қисықпен салыстырғанда теориялық таралу қисығының өсу немесе кему мүмкіндігін бағалау үшін «эксцесс» сипаттамасы пайдаланылады. Теориялық таралудың эксцессі келесі теңдікпен анықталады:

$$E_k = (\mu_4 / S^4) - 3. \quad (2.7)$$

Кездейсоқ шамадағы  $x$  реттіліктің орталық моменті  $k$  деп  $(x - \bar{x})^k$  шаманың математикалық болжамын айтады.

Таралудың қалыпты болуын нақтырақ тексеру Пирсон критерийі арқылы жүзеге асырылады:



$$\chi^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (n_i - n_i')^2, \quad (2.8)$$

мұндағы  $n_i$  – эмпирикалық таралу жиіліктері.

Берілген маңыздылық деңгейінде сынаманы қалыптылыққа тексеру үшін теориялық жиіліктер, содан кейін критерийдің бақыланатын мәні есептеледі, ал критикалық таралу нүктелерінің кестесіне сәйкес  $\alpha$  мәнінің берілген деңгейіне және еркіндік дәрежелерінің санына сәйкес  $\chi^2_{KP}(\alpha, k)$  критикалық нүктесін табады. Егер бақыланатын критерий мәні болса  $\chi^2_{НАБЛ}$  критикалық мәннен аз  $\chi^2_{KP}$  болса, онда сынама қалыпты таралу заңына сәйкес келеді.

$x$  және  $y$  параметрлері арасындағы байланыстың тығыздығын немесе беріктігін сандық бағалау үшін  $r_{XY}$  корреляция коэффициенті есептеледі:

$$r_{XY} = \frac{S_{XY}}{\sqrt{S_X^2 \cdot S_Y^2}}, \quad (2.9)$$

$$S_{XY} = \sum_{i=1}^N x_i y_i - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i, \quad (2.10)$$

$$S_X = \sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N x_i \right)^2, \quad (2.11)$$

$$S_Y = \sum_{i=1}^N y_i^2 - \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N y_i \right)^2, \quad (2.12)$$

мұндағы  $S_{XY}$  –  $x$  және  $y$  кездейсоқ шамалардың ковариациясы;

$S_X, S_Y$  –  $x$  және  $y$  шамалардың таңдамалы дисперсиялары.

Егер  $r_{XY} = 0$  болса, онда байланыс жоқ; егер  $r_{XY}$  1-ге жақын болса, онда байланыс оң болады, егер  $r_{XY}$  -1-ге жақын болса, онда байланыс теріс болады. Корреляция коэффициенттерінің маңыздылығын Стьюденткритерийі арқылы тексеруге болады.

Егер екі кездейсоқ шаманың арасында байланыс болса, онда олардың арасындағы тәуелділіктің математикалық өрнегін табуға болады – бір кездейсоқ шаманың әрбір мәні басқа кездейсоқ шаманың орташа мәніне сәйкес келетін формула. Мұндай тәуелділік регрессиялық деп аталады.

Іс жүзінде сызықтық регрессия жиі кездеседі. Тікелей регрессия теңдеуі келесідей түрде болады:

$$y = a \cdot x + b, \quad (2.13)$$

мұндағы  $y$  – функция (тәуелді айнымалы);

$x$  – аргумент (тәуелсіз айнымалы);

$a$  – аргумент бір бірлікке өзгерген кезде функцияның өзгеруіне тең түзудің бұрыштық коэффициенті;

$b$  –  $x = 0$  кезіндегі функцияның мәні.

Бұл ретте регрессия сызығының  $a$  және  $b$  коэффициенттері төмендегі қатынастардан анықталады:

$$a = \frac{S_{xy}}{S_x^2} = \frac{\sum_{i=1}^N xy - \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N x \sum_{i=1}^N y \right)}{\sum_{i=1}^N x^2 - \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N x \right)^2}, \quad (2.14)$$

$$b = y - ax = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y - a \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x. \quad (2.15)$$

Модельдің сәйкестігін тексеру Фишер критерийі арқылы жүзеге асырылады:

$$F = \frac{D}{D_{АДЕК}}, \quad (2.16)$$

$$D_{АДЕК} = \frac{\sum_{i=1}^N (y_{iРАСЧ} - y_{iЭКС})^2}{N - m - 1}, \quad (2.17)$$

мұндағы  $D_{АДЕК}$  – сәйкестік дисперсиясы;

$y_{РАСЧ}$  –  $y$  көрсеткішінің есептік мәндері;

$y_{ЭКС}$  –  $y$  көрсеткішінің эксперименттік мәндері;

$m$  – статистикалық маңызды коэффициенттер саны.

Берілген маңыздылық деңгейінде Фишер критерийінің критикалық мәні  $F_{КР}$  критикалық нүктелер кестесінде анықталады және алынған мәнмен салыстырылады. Егер алынған Фишер критерийінің мәні критикалық мәннен аз болса, онда модель сәйкес келеді деп қорытынды шығаруға болады [62 б.23-28].

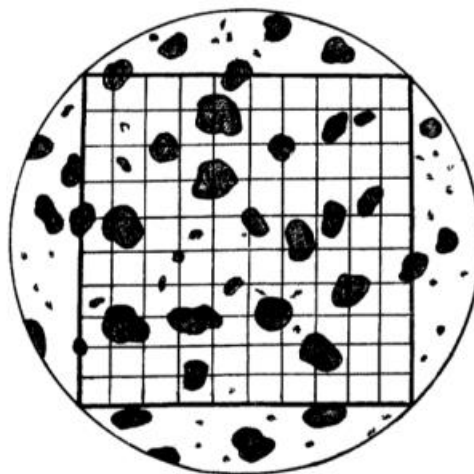
### 2.3 Болаттағы металл емес қосындыларды металлографиялық зерттеу

Сандық металлографиялық талдауды қолдану материал құрылымының гетерогенділігін, құрылымдық компоненттердің немесе фазалардың көлемін, поликристалды материалдағы түйіршік мөлшерін, қорытпаның химиялық құрамын, қоспалардың мөлшерін, түйіршіктер шекараларының ауданын және т.б. анықтауға мүмкіндік береді. Бұл әдістердің негізінде Кавальеридің математикалық принципі

жатыр. Сандық металлографияның барлық дерлік әдістері статистикалық болып табылады, сондықтан өлшеу дәлдігі олардың санына байланысты.

Болат үлгілерін металлографиялық зерттеу МемСТ 4967-2015 сәйкес металл емес қосындылардың құрамын анықтау үшін жүргізіледі [63]. Үлгілерді іріктеу және зерттеуге дайындау жүргізіледі. Осы әдістемеге сәйкес үлгілерді тегістеу және жылтырату станогында сұйық суспензияны қолдану арқылы жылтырату қажет. Әрі қарай дайындалған үлгілер оптикалық микроскопта зерттеледі.

Металл емес қосындыларды зерттеу статистикалық талдауды қолдана отырып, координаталық торлар әдісін қолдану арқылы жүзеге асырылады (2.1-сурет). Әдістің мәні мынада: металл емес қосындылары бар үлгілердің бақыланатын бетіне арнайы құрылғылардың көмегімен тең қадаммен координаталық тор енгізіледі; бұдан әрі әрбір координаталық ұяшықта бақыланатын металл емес қосындыларды есептеу жүргізіледі; содан кейін зерттеудің тиісті әдістемесін қолдана отырып, деректерге статистикалық талдау жүргізіледі.



Сурет 2.1 – Металл емес қосындыларды талдаудағы координаталық тор

Осылайша, жоғарыда сипатталған әдістер болаттағы металл емес қосындыларды сандық бағалауға және математикалық статистика әдістерімен квалиметриялық талдау жүргізуге мүмкіндік береді, бұл тұтастай алғанда металл өнімдерінің сипаттамаларын сапалы анықтауға мүмкіндік береді.

#### **2.4 Дайын өнімнің сапасын квалиметриялық бағалау әдістемесі**

Металдың сапасы бірнеше индикаторлармен анықталады: геометриялық параметрлер, механикалық қасиеттер, бетінің күйі, химиялық құрамы және т.б. бұл көрсеткіштер сапаның әртүрлі аспектілерін көрсетеді және әртүрлі физикалық шамалармен өлшенеді. Сонымен қатар, металл сапасын тиімді басқару үшін өндіріс

процесінің параметрлеріне басқарушылық әсер ету кезінде сапаның өзгеруін жан-жақты ескеретін көрсеткіштер қажет.

Металл өнімдеріне қатысты сапа қасиеттерінің көрсеткіштері, әдетте, үш иерархиялық деңгейде орналасады. Жоғарғы деңгейде ( $i=2$ )  $R_{ij}$  жиынтығының салмақтық коэффициенттері бар қарапайым  $r_{ij}$  қасиеттерінің нормаланған  $a_{ij}$  көрсеткіштері орналасқан, мұндағы  $i$  – деңгей нөмірі,  $j$  – қасиет нөмірі. Бұл жағдайда шарттар орындалуы керек [64,65]:

$$\alpha_{ij} = \frac{l_{ij}}{\sum_{j=1}^n l_{ij}}, \quad \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} = 1, \quad (2.18)$$

мұндағы  $l_{ij}$  – қарапайым қасиеттер жиыны үшін сараптамалық тәсілмен белгіленетін нормаланбаған салмақтардың көрсеткіштері  $r_{ij}$ .

Қасиеттердің екінші иерархиялық деңгейі ( $i=1$ ) салмақ коэффициенттері бар  $k_{ij}=F(R_{ij})$  күрделі қасиеттерінің дифференциалдық көрсеткіштерін  $\alpha'_{ij}$  алады. Берілген иерархиялық деңгей үшін шарттар орындалуы керек:

$$\alpha'_{ij} = \frac{l'_{ij}}{\sum_{j=1}^q l'_{ij}}, \quad \sum_{j=1}^q \alpha'_{ij} = 1, \quad k_{ij} = \sum_{j=1}^q \alpha'_{ij} R_{ij}. \quad (2.19)$$

Нөлдік иерархиялық деңгейде ( $i=0$ ) орналасқан көрсеткіштер үшін  $K_0$  сапасының кешенді көрсеткіші дифференциалдық көрсеткіштердің қосындысымен анықталады:

$$K_0 = \sum_{j=1}^m \alpha_{ij} \cdot k_{ij}. \quad (2.20)$$

$R_{ij}(r_{ij})$  параметрі үшін тиісті қажетті дифференциалдық бағаларды белгілеу үшін  $r_{ij}$  жауаптарын нормалау келесі қатынасты қолдану арқылы жүзеге асырылуы мүмкін:

$$k_{ij} = \exp\{-\exp[-Y'(R_{ij}(r_{ij}), A_k)]\}, \quad (2.21)$$

мұндағы  $r_{ij}$  – өлшеулер деректері бойынша алынған квалиметриялық бағалаудың натуралды мәні;

$R_{ij}$  – квалиметриялық бағалаудың нормаланған мәні;

$A_k$  – эмпирикалық тұрақтылар ( $k=1 \dots 6$ ).

$A_1 \dots A_6$  тұрақтылары эмпирикалық қатынастар бойынша анықталады:

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= \bar{r} + \alpha_1 \frac{S}{\sigma_N}; & A_2 &= \bar{r} + \alpha_2 \frac{S}{\sigma_N}; \\ A_3 &= \bar{r} - 2 \cdot S; & A_4 &= \bar{r} + 2 \cdot S; \\ A_5 &= \bar{r} - \alpha_2 \frac{S}{\sigma_N}; & A_6 &= \bar{r} - \alpha_1 \frac{S}{\sigma_N}; \end{aligned} \right\} \quad (2.22)$$

мұндағы  $\bar{r} - r_i$  көрсеткіштің орташа арифметикалық мәні;

$S - r_i$  көрсеткіш мәнінің орташа квадраттық ауытқуы;

$\alpha_1$  және  $\alpha_2$  – эмпирикалық коэффициенттер;

$\alpha_N$  – эмпирикалық параметр;

$N$  – эксперименттік бақылаулар саны.

$\alpha_1$  және  $\alpha_2$  эмпирикалық коэффициенттері, сонымен қатар  $\alpha_N$  көрсеткіші келесі қатынастармен анықталады:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_1 &= Y_N - 7,565 \frac{\sigma_N}{\sqrt{N}} - 2,97; \\ \alpha_2 &= Y_N - 2,97; \end{aligned} \right\} \quad (2.23)$$

$$\left. \begin{aligned} Y_N &= a + b \cdot \ln N; \\ \sigma_N &= c + d \cdot \ln N. \end{aligned} \right\} \quad (2.24)$$

$a, b, c$  және  $d$  эмпирикалық коэффициенттердің мәндері сынаманың көлеміне тәуелді (2.1-кесте).

Кесте 2.1 – Эмпирикалық коэффициенттердің мәндері

| $N$               | $a$   | $b$    | $c$   | $d$    |
|-------------------|-------|--------|-------|--------|
| $0 < N \leq 40$   | 0,490 | 0,0144 | 0,725 | 0,1134 |
| $40 < N \leq 80$  | 0,473 | 0,0192 | 0,862 | 0,0757 |
| $80 < N \leq 150$ | 0,504 | 0,0121 | 0,923 | 0,0616 |

$A_k > A_{k+1}$  жағдайында  $Y'$  көрсеткішін есептеу үшін келесі қатынастар қолданылады:

$$\left. \begin{aligned} Y' &= 0,48165 \frac{r_{ij} - A_1}{A_2 - A_1} - 0,47588, & r_{ij} \in [A_1, A_2); \\ Y' &= 0,76634 \frac{r_{ij} - A_2}{A_3 - A_2} + 0,00577, & r_{ij} \in [A_2, A_3); \\ Y' &= 0,72783 \frac{r_{ij} - A_3}{A_4 - A_3} + 0,77211, & r_{ij} \in [A_3, A_4); \\ Y' &= 0,75043 \frac{r_{ij} - A_4}{A_5 - A_4} + 1,49994, & r_{ij} \in (A_4, A_5]; \\ Y' &= 2,348971 \frac{r_{ij} - A_5}{A_6 - A_5} + 2,25037, & r_{ij} \in (A_5, A_6] \end{aligned} \right\} \quad (2.25)$$

$A_k < A_{k+1}$  жағдайы үшін төмендегі қатынасты қолдану қажет:

$$\left. \begin{aligned} Y' &= 0,48165 \frac{A_1 - r_{ij}}{A_1 - A_2} - 0,47588, & r_{ij} \in [A_1, A_2); \\ Y' &= 2,348971 \frac{A_5 - r_{ij}}{A_5 - A_6} + 2,25037, & r_{ij} \in (A_5, A_6] \end{aligned} \right\} \quad (2.26)$$

Бұл ретте  $[A_2, A_3)$ ,  $[A_3, A_4)$ ,  $(A_4, A_5]$  аралықтары үшін  $Y'$  көрсеткіші (2.28) қатынастарымен анықталады.

Екі сынаманың орташа мәндері арасындағы айырмашылықтың сипатын бағалау үшін Стьюдент критерийін қолдана отырып, осы сынамалардың таралу орталықтарының теңдігі туралы гипотеза тексеріледі:

$$t = \bar{d} \cdot \sqrt{N} / S_d, \quad (2.27)$$

$$\bar{d} = \sum d_i / N, \quad (2.28)$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum d_i^2 - [\sum d_i]^2 / N}{N - 1}}. \quad (2.29)$$

мұндағы  $d_i$  – екі сынаманың сәйкес мәндері арасындағы айырмашылық;

$N$  – бақылаулар саны;

$S_d$  – түзетілген орташа квадраттық ауытқу.

Сапаның кешенді көрсеткішін тапқаннан кейін оны қажеттілік шкаласымен салыстырады (2.2-кесте) және объектінің сапа деңгейін анықтайды [65].

Кесте 2.2 – Қажеттілік шкаласы

| Қажеттілік шкаласы | Кешенді сапа көрсеткішінің мәні | Ескертпе   |
|--------------------|---------------------------------|--|
| Өте жақсы          | 1,00÷0,80                       | -  |
| Жақсы              | 0,80÷0,63                       | Қарастырылып отырған объектінің қасиеттерінің гипотетикалық мүмкін деңгейі |
| Қанағаттанарлық    | 0,63÷0,37                       | Объектінің екінші сортты өнімге стандарт талаптарына сәйкестігі            |
| Нашар              | 0,37÷0,20                       | Түзілетін ақау   |
| Өте нашар          | 0,20÷0,00                       | Түзелмейтін ақау   |

**2.5 Жаңа техника мен технологияны енгізудің экономикалық тиімділігін есептеу әдістемесі**

Ұсынылатын іс-шаралардың экономикалық тиімділігі формула бойынша анықталады [66 б. 92-96]:

$$\Delta = \Delta B(C - C_2) + (C_1 - C_2)B_2, \quad (2.30)$$

мұндағы  $\Delta B$  – өнімді сұрыптауды азайту, тн;

$C$  – өнім бағасы, тг;

$C_1$  – бір тонна өнімнің жоспарланған құны, тг;

$C_2$  – сұрыптаудың төмендеуін ескере отырып, бір тоннаның өзіндік құны, тг;

$B_2$  – сұрыптаудың төмендеуін ескере отырып, өндіріс көлемі, тн.

Сұрыптаудың төмендеуін ескере отырып өнімнің өзіндік құны формула бойынша анықталады:

$$C_2 = C_1^{ypp} + \Delta_{ME}, \quad (2.31)$$

мұндағы  $C_1^{ypp}$  – өндіріс көлемінің өсуі кезінде шығыстардың тұрақтылығы шартымен қайта есептелген базалық нұсқаның өзіндік құны, тг;

$\Delta_{ME}$  – металл үнемдеу, тг.

Өндіріс көлемінің өсуі кезінде шығыстардың тұрақтылығы шартымен қайта есептелген базалық нұсқаның өзіндік құны формула бойынша есептеледі [66]:

$$C_1^{MPP} = C_1 a + \frac{C_1 b}{K}, \quad (2.32)$$

мұндағы  $C_1 a$  – бір тонна өнімнің шартты өзгермелі шығындары, тг;  
 $C_1 b$  – бір тонна өнімнің шартты-тұрақты шығыстары, тг;  
 $K$  – өндіріс көлемінің өсу коэффициенті.

Жарамды өнім өндірісінің өсу коэффициенті формула бойынша анықталады:

$$K_p = \frac{B_1 + \Delta B}{B_1}, \quad (2.33)$$

мұндағы  $B_1$  – конвертер өнімділігі, тн.

Бір жұмыс істейтін конвертердің өнімділігін формула бойынша анықтауға болады [67 б.27-29]:

$$B_1 = \frac{8760 \times (100 - КП)}{100 \times \tau_{ПЛ}} m Q \quad (2.34)$$

мұндағы 8760 – жылына сағат саны;  
 $\tau_{ПЛ}$  – балқытудың жалпы ұзақтығы, сағ;  
 КП – конвертердің тоқтап қалу саны, %;  
 $m$  – жарамды өнімнің шығу коэффициенті;  
 $Q$  – конвертердің номиналды сыйымдылығы, т.

## 2.6 Конвертерлі балқытуды басқару жүйесін математикалық модельдеу әдістемесі

Конвертерлі балқытудың материалдық балансы шихтамен бірге келетін темірдің шамамен 95% ғана болатқа ауысатынын көрсетеді. Қалғаны айналым өніміне (қожға) айналады немесе мүлдем жоғалады (шығыстар, шығарылымдар) [68,69]. Конвертерлік болаттың өзіндік құнында шихта шығындарының ең үлкен үлесі бар, сондықтан шихта компоненттерін оңтайлы анықтау және үрлеу режимін ұтымды жүргізу есебінен шикізатқа қосымша шығындарсыз сұйық металдың шығымдылығын арттыруға бағытталған шараларға ерекше назар аударылады.

Сұйық металдың шығуын кейбір технологиялық параметрлерден сызықтық функция арқылы көрсетуге болады:

$$\Phi(x_i) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_i x_i \quad (2.35)$$



мұндағы  $x_i$  – көрсеткіштер,  $\alpha_0, \alpha$  – әсер ету коэффициенттері;  $n$  – көрсеткіштер саны.

300 тонналық конвертердің эксперименттік деректерін статистикалық өңдеу арқылы сұйық металдың массасын есептеу үшін (1) функциясының өрнегі бірнеше регрессия бағдарламасы бойынша алынды

$$m_{MC} = 45,5 + 0,35m_c - 0,08m_{\text{ЭТ}} + 3,05H \cdot \sin\alpha - 0,006v + 0,02m_{\text{ш}}Mn_{\text{ш}} + 6,54 m_{\text{ч}}S_{\text{ч}} - 0,0003m_{\text{ш}}t_{\text{ш}} - 0,0014V + 0,014m_{\text{э}} - 4,72C_3 + 0,008t \quad (2.36)$$

$$(R = 0,75, \sigma = 1,7\text{т}, P > 0,99),$$

мұндағы  $m_{\text{CM}}$ ,  $m_c$ ,  $m_{\text{ЭТ}}$ ,  $m_{\text{ш}}$ ,  $m_{\text{э}}$  – сәйкесінше сұйық металдың, металл сынықтарының, әктастың, шойынның және әктің массасы, т;  $H$  – үрлеу үшін орташа интегралды фурманың тыныш металл деңгейінен қашықтығы, м;  $v$  – үрлеу қарқындылығы, м<sup>3</sup>/мин;  $Si_{\text{ш}}$ ,  $Mn_{\text{ш}}$ ,  $S_{\text{ш}}$  – шойынның құрамындағы кремний, марганец және күкірт, %;  $t$  – шойын температурасы, °С;  $V$  – балқытуға арналған үрлеу шығыны, м<sup>3</sup>;  $C$  – металдағы көміртектің соңғы мөлшері, %;  $t$  – берілген металдың соңғы температурасы, °С;  $R$  – жиынтық корреляция коэффициенті;  $\sin\alpha$  – конвертер саңылауының көлбеу бұрышы;  $\sigma$  – қалдық орташа квадраттық ауытқу;  $P$  – корреляция коэффициентінің сенімділігі.

(2.36) теңдеуге 0,99-дан жоғары корреляция коэффициентінің сенімділігі бар параметрлер кіреді.

Оңтайландыру міндеті келесідей тұжырымдалған.  $m_c$ ,  $H$ ,  $V$  және  $m_{\text{э}}$  мәндерінде өрнек  $m_{\text{CM}} \rightarrow$  макс басқару критерийіне сәйкес келетінін процесс технологиясымен және қолданылатын жабдықтың қуатымен байланысты шектеулер мен шекаралық шарттарды орындау кезінде табу керек

$$\left\{ \begin{array}{l} m_{\text{э}} \geq m_{\text{э.мин}}; \\ 0 \leq m_{\text{ЭТ}} \leq m_{\text{ЭТ.макс}}; \\ 0 < \alpha < 45 \\ H_{\text{мин}} \leq H \leq H_{\text{макс}}; \\ v_{\text{мин}} \leq v \leq v_{\text{макс}}; \\ V_{\text{ф}} \geq V; \\ \gamma(m_{\text{л}} + m_{\text{ч}}) = m_{\text{M}} \end{array} \right. \quad (2.37)$$

мұндағы  $\gamma$  – металдың көміртегі тотығын ескеретін коэффициент; индекс «ф» – параметрдің нақты мәні.

Бірінші шектеу балқытуға арналған әк массасы шихта [70] есебімен анықталған мәннен кем болмауы керек және қажетсіз қоспаларды кетіру үшін қажетті қождың негізділігін қамтамасыз етеді

$$m_s^p = m_s^0 - 0,1 (m_c - m_c^0) + 0,08 (m_{ш}Si_{ш} - m_{ш}Si_{ш}^0), \quad (2.38)$$

мұндағы «р» және «0» индекстері сәйкесінше параметрдің есептік мәнін және оның оң тәжірибені балқытудағы мәнін білдіреді.

Екінші шектеу сынықтардың мүмкін болатын ең көп мөлшерін қайта өңдеу талабын анықтайды, яғни балқытуды салқынлату сынықпен жүргізілуі керек, ал әктас тек температураны түзету үшін қолданылады.

Үшінші шектеу фурма арақашықтығының тыныш металл деңгейіне дейінгі жұмыс шектерімен анықталады ( $H \leq H_{мин}$  кезінде конвертер түбінің қаптамасының эрозиясы басталады, ал  $H \geq H$  кезінде қождың айтарлықтай шамадан тыс тотығуы орын алады және конвертерден металл мен қож шығарындыларының пайда болу ықтималдығы туындайды).

Төртінші шектеуде үрлеу қарқындылығының төменгі шегі конвертердің өнімділігін қамтамасыз ету талаптарымен, ал жоғарғы шегі оттегі құбырының немесе газ бұру жолының өткізу қабілеттілігімен анықталады. Қарқындылықтың есептік мәні фурманың тыныш металл деңгейіне дейінгі қашықтығын анықтағаннан кейін анықталады. Ол үшін үрлеу режимінің параметрлерін байланыстыратын формуласы қолданылады,

$$v_3/H_3 = v^0 H^0 + 0,3 (m_c - m_c^0) - 0,1 (t_{ш} - t_{ш}^0) - 25,1 (Si_{ш} - Si_{ш}^0) + 14,3 (Mn_{ш} - Mn_{ш}^0) - 334 (S_{ш} - S_{ш}^0) + 2 (1/C_3^{мин} - 1/C_{п}^0) + 0,3 (t_3 - t_{п}^0) + 21,3 (m_{ш}^p - m_{ш}^0) \quad (2.39)$$

мұндағы  $m_{ш}$  – шпат массасы, т; «з», «п» және «мин» индекстері сәйкесінше үрлеу параметрінің берілген мәнін, соғу кезіндегі мәнді және маркаға байланысты минималды мәнді білдіреді.

Бесінші шектеу көміртегі, кремний және марганецтің қажетті мөлшерінің тотығуын қамтамасыз етеді.

Алты шекті теңдік конвертердің торына байланысты.

Қойылған мәселе айнымалыларды біржақты шектеу жағдайына арналған п-сериялық жоспарды жақсарту алгоритмін қолдана отырып, сызықтық бағдарламалаудың симплексті әдісімен шешіледі [71].

Өрнекке (2.36) алмастыру алдында есептелген  $m_n$ ,  $H$  және  $m_i$  мәндері түзетіледі. Шихтаны есептеу теңдеуі бойынша  $m_{ик}$  есептеліп, табылған  $m_n$ ,  $H$  және  $m_i$  мәндерін ауыстырылады

$$m_{\text{ЭТ}}^p = m_{\text{ЭТ}}^0 - 0,285(m_c - m_c^0) - k_1(m_c + m_{\text{ш}})(t_3 - t_{\text{п}}^0) + 0,126(m_{\text{ш}} - m_{\text{ш}}^0) + 0,0252(t_{\text{ш}} - t_{\text{ш}}^0) + 5,7(Si_{\text{ш}} - Si^0) + 1,35(Mn_{\text{ш}} - Mn_{\text{ш}}^0) - 5,25 [f(C_3^{\text{МИН}}) - f(C_{\text{п}}^0)] + 0,15 (m_3^p - m_3^0) + 0,6 (m_{\text{ш}}^p - m_{\text{ш}}^0) - [f(\tau_{\text{п}}) - f(\tau_{\text{п}}^0)] - [f(N_{\phi}) - f(N_{\phi}^0)] + 1,95 (H - H^0), \quad (2.40)$$

мұндағы  $k$  – мерзімді баптаумен анықталатын статистикалық коэффициент;  $f(C)$ ,  $f(\tau_{\text{п}})$ ,  $f(N_{\phi})$  – функционалдық тәуелділіктер;  $\tau_{\text{п}}$  – конвертердің тұрып қалу уақыты, мин;  $N_{\phi}$  – футеровка науқаны бойынша балқыту нөмірі.

$0 \leq m_{\text{ЭТ}} \leq m_{\text{ЭТ.МАКС}}$  шарттың орындалуы тексеріледі. Егер  $m_{\text{ИК}} < 0$ , онда  $m_{\text{ИК}} = 0$  қабылдап,  $H$  жаңа мән есептеледі; егер  $m_{\text{ЭТ}} > m_{\text{ЭТ.МАКС}}$ , онда  $m_{\text{ЭТ}} > m_{\text{ЭТ.МАКС}}$  қабылдап,  $m_c$  жаңа мәнді табады.

Табылған мәндер бойынша  $m_c$ ,  $H$  және  $m_3$  балқытуға арналған үрлеу шығыны анықталады :

$$V = V^0 + 30 (m_c - m_c^0) + 2,9 |m_{\text{ш}} - m_{\text{ш}}^0| (m_{\text{ш}} - m_{\text{ш}}^0) + 190 (Si_{\text{ш}} - Si_{\text{ш}}^0) - k_2 [f_1(C_3) - f_1(C^0)] - [f(m_{\text{ЭТ}}) - f(m_{\text{ЭТ}}^0)] + 40(m_3 - m_3^0) + 130 (m_{\text{ш}} - m_{\text{ш}}^0) + 10 (H - H^0), \quad (2.41)$$

мұндағы  $k$  – мерзімді баптаумен анықталатын статистикалық коэффициент;  $f_1(C)$ ,  $f(m_{\text{ИК}})$  – [72] мәндері берілген функционалдық тәуелділіктер.

Сызықтық бағдарламалау әдісімен шихтаны есептеу жарамдылардың шығымдылығын орта есеппен 0,4% - ға арттыруға мүмкіндік берді. Стьюденттің критерийі бойынша тексерілген нәтиженің дұрыстығы 0,99 маңыздылық деңгейіне сәйкес келеді.

Сұйық болаттың болжамды массасын  $m_{\text{СТ}}^p$  есептеу формула бойынша үрлеу кезінде үздіксіз жүргізіледі:

$$m_{\text{СТ}}^p = \left( 1 - y_1 \frac{\tau_{\text{пр}}}{\tau_{\text{пр}}^p} \right) * [m + m + m (1 - e^{y_2} \varphi(\mu, m_{\text{л}}) \frac{\tau_{\text{пр}}}{\tau_{\text{пр}}^p})] \quad (2.42)$$

мұндағы  $\gamma_1, \gamma_2$  – сәйкесінше металдың көміртегі тотығын және сынықтардың балқу жылдамдығын анықтайтын статистикалық коэффициенттер;  $\tau_{\text{пр}}$  – үрлеу ұзақтығы, мин;  $m_{\text{жСТ}}$  – конвертерге құйылатын сұйық болат массасы, т;  $\varphi(\mu, m_{\text{л}})$  – сынықтардың үйінді тығыздығына  $\mu$  және оның массасына тәуелді функция. Ауыр металл сынықтары үшін  $\varphi(\mu, m_{\text{л}}) = 0,7 m_{\text{л}}/m_{\text{ср}}$ , орташа үйінді тығыздығына ие металл сынықтары үшін -  $\varphi(\mu, m_{\text{л}}) = 1,0 m_{\text{л}}/m_{\text{ср}}$ , жеңіл металл сынықтары үшін -  $\varphi(\mu, m_{\text{л}}) = 1,5 m_{\text{л}}/m_{\text{ср}}$ . Сынықтардың көлемді тығыздығы туралы ақпарат болмаған жағдайда -  $\varphi(\mu, m) = 1,0$  мәні ескеріледі.  $m_{\text{ср}}$  – металл сынықтарының орташа салмағы. Үрлеудің есептік ұзақтығы  $\tau_{\text{пр}}^p$  (2.41) анықталған  $V$ ,  $m^3$  балқытуға үрлеу шығынының  $V$ ,  $m^3/\text{мин}$  үрлеу қарқындылығына қатынасы ретінде анықталады.

Сұйық болат массасын болжау тотықсыздандырғыш және легирлеуші материалдардың массасын есептеу үшін қолданылады [72].

(2.42) формула бойынша сұйық болаттың массасын болжау процестің кейбір орташа көрсеткіштері бойынша жүргізіледі және нақты балқытудың жеке ерекшеліктерін ескермейді. Бұл мәселені шешудің ең көп тараған тәсілі-процесс барысында кері байланыс енгізу. Қожбен темірдің жоғалуы оның жалпы шығынының 50% - на дейін жететінін ескере отырып, үрлеу кезінде конвертердің су салқындатқыш жабдығының жылу өнімділігін кері байланыс үшін пайдалану мүмкіндігін зерттеді.

Қалыптағы жылу ағыны ваннаның деңгейіне, яғни металмен-шлак-газ эмульсиясымен жанасатын фурма бетінің ауданына, сондай-ақ оның температурасына байланысты. Көміртексізденудің жоғары жылдамдығына байланысты ваннаны қарқынды көпіршіктеу, бір жағынан, ванна деңгейінің жоғарылауына және ақыр соңында фурма шығысында салқындатқыш судың температурасының жоғарылауына, ал екінші жағынан, қождағы темір оксидтерінің массалық үлесінің төмендеуіне әкеледі.

Конвертерлік газдарды салқындатқыш (КГС) экрандық құбырларының сызықтық ұзаруы газ тәрізді өнімдердің жануынан келетін жылу ағынымен байланысты. Өз кезегінде, жылу ағыны газдың шығынымен анықталады, ол көміртексіздену жылдамдығына және оның ваннаның температурасына байланысты температурасына байланысты.

Қождағы темір оксидтерінің жалпы массалық үлесі  $\Sigma FeO_k$  мен үрлеу фурмасының шығысындағы судың температурасы  $t_{\phi}$  арасындағы байланыс осындай кешендер үшін зерттелді: үрлеу аяқталған сәтте фурмадан шығатын судың температурасы  $t_{\phi,k}$ , бұл параметрдің максималды мәні үрлеу кезінде  $t_{\phi,макс}$ , максималды және соңғы мәндердің айырмашылығы, бастапқы үрлеу кезеңінде су температурасының уақыт бойынша өзгеруінің интегралы ( $0,25\tau_{пр}$  дейін), соңғы үрлеу кезеңіндегі температураның уақыт бойынша өзгеруінің интегралы (температураның максималды  $t_{макс}$  мәніне жеткеннен кейін), бүкіл үрлеу кезінде температураның уақыт бойынша өзгеруінің интегралы. Конвертерлі газ салқындатқышының  $\Delta l$  экрандық құбырларының сызықтық кеңеюіне қатысты келесі кешендер зерттелді: үрлеу аяқталған кезде сызықтық ұзару  $\Delta l_k$ , бастапқы кезеңде және бүкіл үрлеу кезінде ұзару өзгерістерінің интегралы.

Соңғы жиынтық теңдеуге корреляция коэффициенттерінің сенімділігі 0,95-тен асатын комплекстер ғана кіреді. Соңғы қождағы темір оксидтерінің жалпы массалық үлесін болжау теңдеуі,%, келесідей:

$$\begin{aligned} \sum FeO_k = & 20,64 - 0,88 (t_{\phi,макс} - t_{\phi,k}) + 0,95\Delta l_k \\ & + \int_0^{0,25\tau_{п}} (0,72t_{\phi} - 0,16\Delta l) dt - 0,03 \int_{t_{макс}}^{t_k} t_{\phi} dt \end{aligned} \quad (2.43)$$

$$R = 0,736, \sigma = 0,62\%, P > 0,95$$

Бірқатар бастапқы параметрлердің темір көміртегі тотығына әсерін зерттеу қождағы темір оксидтерінің массасын үздіксіз анықтау үшін тәуелділікті алды:

$$m_{\Sigma FeO} = (0,0388 + 5,54v_c + 0,052t_{\phi} - \int 0,0041v - 0,046\Delta l) dt \quad (2.44)$$

(R = 0,821,  $\sigma = 0,388$  т, P > 0,99),

мұндағы  $v_c$  – көміртектендіру жылдамдығы, %.

Үрлеудің шығыс параметрлерін бақылауды қолдана отырып, сұйық металдың массасын динамикалық түзету сызықтық бағдарламалау әдісі бойынша есептеумен салыстырғанда жарамды өнімділікті орта есеппен 0,2% - ға арттыруға мүмкіндік береді [73].

## 2 тарау бойынша қорытынды

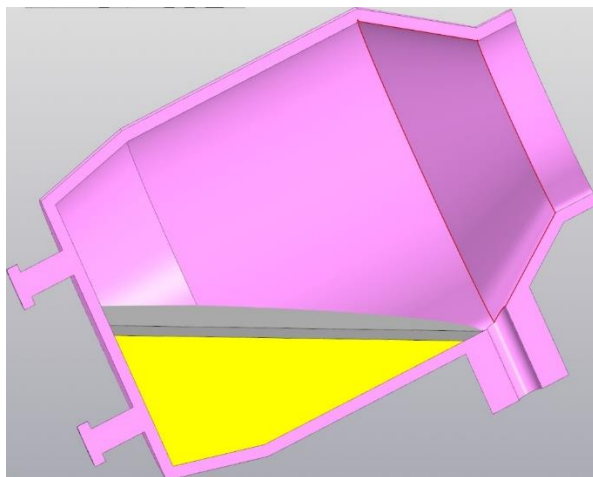
Ғылыми зерттеулер мен эксперименттерді жүзеге асыруда қолданылатын негізгі әдістер келтірілген. Зерттеу нысандары егжей-тегжейлі көрсетілген, атап айтқанда: болат және ондағы металл емес қосындылардың үлесі. Деректерді статистикалық өңдеу, корреляциялық-регрессиялық талдау әдістемесі сипатталған. Бұл әдіс эксперименттер кезінде алынған мәліметтерді математикалық өңдеуге арналған. Деректер Стьюденттік критерий бойынша өрескел қателерді анықтау және Пирсон критерийі бойынша қалыпты үлестіру заңына сәйкестігі үшін өңделуі керек. Әдетте, математикалық модельді алғаннан кейін, бұл математикалық модель Фишер критерийі бойынша сәйкестікке тексеріледі.

Металлографиялық зерттеу әдістемесі келтірілген. Бұл әдіс ғылыми эксперименттер жүргізу кезінде болаттағы металл емес қосындылардың үлесін талдауға арналған. Сонымен қатар, сапаның кешенді көрсеткішін таба отырып, алынған эксперименттік деректердің нәтижелері бойынша сапаны квалиметриялық бағалау әдістемесі келтірілген, сонымен қатар алынған есептік деректерге салыстырмалы талдау жүргізілетін қажеттілік шкаласы келтірілген. Сондай-ақ, қабылданған шешімдерді негіздеу үшін қабылданған шешімдердің экономикалық компонентін бағалауға арналған экономикалық тиімділікті есептеу әдістемесі келтірілген. Сондай-ақ, конвертерлік балқыту процесін математикалық модельдеу әдісі келтірілген.

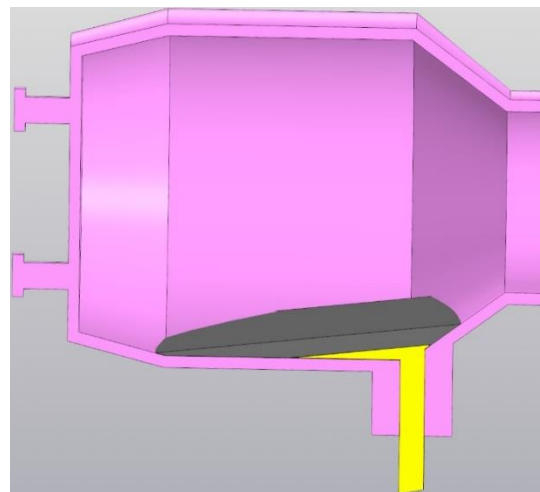
### 3 МЕТАЛДАН ҚОЖДЫ БӨЛУ БОЙЫНША ІС-ШАРАЛАР

#### 3.1 Металлургиялық балқымаларды бөлу үшін іс-шараларды әзірлеу

Балқыманы конвертерден шығару процесінің бастапқы кезеңінде болаттың сапасына теріс әсер ететін қож бөлшектерінің металға түсу ықтималдығы бар (3.1а-сурет).



а) көміртекті жартылай өнімді шығарудың бастапқы кезеңі



б) көміртекті жартылай өнімді шығарудың соңғы кезеңі

Сурет 3.1 – Балқыманы шығару кезеңіндегі конвертердің жағдайы

Жоғарыда аталған мәселені болдырмау үшін осы диссертацияның авторлары балқымаларды шығаруға арналған ағыс саңылауының құрылымдық ерекшеліктері бар металлургиялық конвертер моделін ұсынды.

Стационарлық металлургиялық агрегаттарда домна, мартен болат балқыту немесе ферроқорытпа электр пеші болсын, ағыс саңылауының осі көлденең бет деңгейінде болады, бұл балқыманы құю кезінде шашыраңқы ағын алуға, оттегімен және азотпен қанықтыруға, балқу температурасының төмендеуіне әкеледі [74-75].

Жылжымалы балқыту қондырғылары, стационарлардан айырмашылығы, осьтері көлденең жазықтыққа әртүрлі бұрыштарда орналасқан ағыс саңылауларымен жабдықталған. Ағыс саңылауының осьтері 45 градус бұрышта [76] және ось 40 градус бұрышта [77] орналасқан конвертерлердің түрлері белгілі.

Бұл қондырғыларды пайдаланудың негізгі кемшіліктері - балқыту қондырғысының жылдамдығы мен көлбеу бұрышын бастапқы орналасқан жеріне синхронизациялау және балқыма құйылатын шөміштің қозғалысы оның құю басталғаннан бастап толтырудың аяқталуына дейінгі үлкен диапазоны.

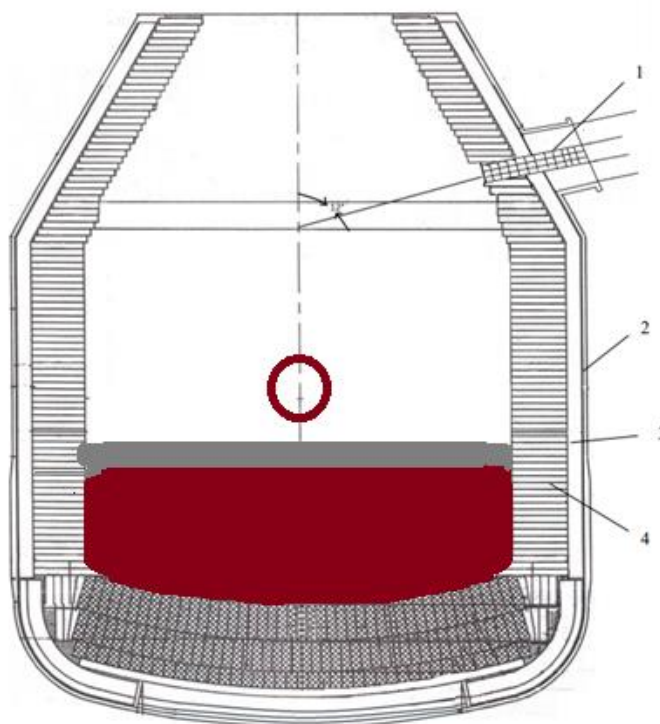
Прототип ретінде «АрселорМиттал Теміртау» АҚ оттегі конвертерінің

конструкциясы ұсынылған, ол іс жүзінде көлденең жазықтыққа қатысты ағыс саңылауының осінің  $30^\circ$  көлбеу бұрышына ие.

Негізгі кемшіліктер:

- конвертерден балқыманы шығару кезеңінде металды қождан бөлудің күрделілігі,
- металды және қожды оттегімен, азотпен қанықтыра отырып, ағыс саңылауынан шығуда тік ағысн қалыптастыру үшін шашыраңқы ағыны;
- сұйық массалар температурасының төмендеуі;
- шөміш футеровкасының күйіп қалуы арқылы жарамсыз болуы.

Ұсынылған техникалық шешім [78] болат қаптаманы, ағыс саңылауы, футеровкамен жабдықталған конвертердің ағыс саңылауының осі көлденең жазықтыққа  $6-18$  градус бұрышта орналасатындай етіп орналастырылған (3.2-сурет).



1 – ағыс саңылауы; 2 – конвертер қаптамасы; 3 –футеровканың арматуралық қабаты; 4 – футеровканың жұмыс қабаты

Сурет 3.2 – Конвертер

Конвертер құрылымында қаптаманың жоғарғы конустық бөлігінің орталық цилиндрге қарай көлбеу бұрышы осы техникалық шешімнің ұсынылған параметрлеріне әсер етпейді. Конвертердің ағыс саңылау осінің көлбеу бұрышы көлденеңінен  $6$  градустан төмен болған кезде және құюдың соңғы сатысында конвертердің жұмыс кеңістігінде балқыманың бетінде воронка пайда болады, оған

оксидтер, нитридтер, фосфидтер және т. б. түріндегі қож, кейіннен металл емес қосындылар тартылады. Көлбеу бұрышы 18 градустан асқанда - балқыма ағыны шашыраңқы ағыны бар шайнекті құю түрінде сипатталады, ал мойын арқылы балқыманың толып кетуіне байланысты қатаң тік құюды орнату мүмкіндігі жоқ, сонымен қатар болат құю шөмішінің қозғалыс қашықтығы артады және конвертердің бұрышы мен көлбеу жылдамдығын шөміштің қозғалысымен синхронизациялау қиын болады, нәтижесінде ұшатын шелекті ауыстыру қиын болады. жөндеу кезінде блок. Ағыс саңылауының осі 18 градустан жоғары және 6 градустан төмен конвертерлерді пайдаланған кезде, ағыс саңылауының ауданы қожбен жабылады.

Пайдалы модель [78] қара және түсті металлургия саласына жатады, атап айтқанда балқымаларды шығаруға арналған ағыс саңылауы бар қондырғылардың құрылымдық ерекшеліктері. Ұсынылған техникалық шешімнің жаңалығы - болат қаптаманы, ағыс саңылауы, футеровкамен жабдықталған конвертердің ағыс саңылауының осі көлденең жазықтыққа 6-18 градус бұрышта орналасатындай етіп орналастыру болып табылады. Конвертердің ұсынылған құрылымы дайын болат тауар өніміндегі металл емес қоспалардың үлесін азайтуға мүмкіндік береді, оның сапасын едәуір арттырады.

### **3.2 Конвертер моделін қолдана отырып болат шығару процесін модельдеу**

Металлургиялық конвертерден сұйық болатты құю кинематикасын зерттеу мақсатында конвертер моделін пайдаланумен оттегі конвертерінен металды құю процесіне еліктеу (процесін имитациялау) бойынша эксперименталды тәжірибелер орындалды. Сонымен бірге металлургиялық қож бөлу процесі моделденді. Тәжірибе 300 тонналы оттекті конвертер моделінде жүргізілді, 1:100 масштабында орындалған жұмыс жағдайына сәйкес ағыс арнасының еңісті бұрышы 12 градус [78]. Металды үлгісі (модель) сұйық зат ретінде су қолданылды. Металлургиялық қож ретінде пенополистирол қолданылды.

Конвертер моделіне сұйық металл орына су құйылды, содан кейін металлургиялық қож орына алдын ала өте ұсақталған пенополистирол салынды.

Бұдан әрі конвертер моделі белгіленген жылдамдықта бұрылды және бөлетін қондырғыны қолданусыз оттекті конвертерден сұйық металды құю процесі ретінде су құйылды. Тәжірибе бірнеше рет қайталанды. Барлық тәжірибеде сұйық металды құюды қайталайтын суды құю үшін конвертер моделінің айналу жылдамдығы бірқалыпта сақталды.

Конвертер моделін пайдаланумен орындалған тәжірибеден байқағанымыздай, бөлу қондырғысы қолданылмаған кезде таспалы ағыс саңылауынан қож белдеуі өткен кезде имитатор қождың шамалы бөлігі конвертерден болатты құю шөмішіне түседі.



Имитациялық бөлу құрылғыларын қолдана отырып жүргізілген тәжірибелер диссертацияның авторлары ұсынған қожды бөлетін құрылғылар [48, 50, 60, 78] имитациялық қождың болат құю шөмішіне түсуін едәуір төмендететінін көрсетті.

Келесі кезеңде анықталған мәдіметтерге статистикалық өңдеу жасалды. Статистикалық өңдеудің бастапқы кезеңінде 2.4 формулаға сәйкес Стьюдент коэффициентінің көмегімен өрескел қателіктер жойылды. Өрескел қателіктер жою процедурасының (шарасының) нәтижелері 3.1 кестеде ұсынылған.

Кесте 3.1 – Өрескел қателіктер жою процедурасының (шарасының) нәтижелері

| Тәжірибелер саны | Іріктемедың орташа мәні | Іріктеме дисперсиясы | Мәнділік деңгейі | Максималды шекті Стьюдент коэффициенті | Кестелі мәндер |
|------------------|-------------------------|----------------------|------------------|--|----------------|
| 18               | 0,03                    | 0,0002               | 0,001            | 3,05                                   | 3,23           |

3.1-кестеден байқағанымыздай, алынған максималды шекті Стьюдент коэффициентінің таралуы 3,05 тең, мәнділік деңгейі 0,001 кезінде 3,23 кестелі мәнің таралуынан аз, осылайша, мынандай қортынды жасауға болады, эксперименттердің нәтижелері бойынша алынған іріктемелерде өрескел ауытқу жоқ, керсінше белгілі тәуелділік бар.

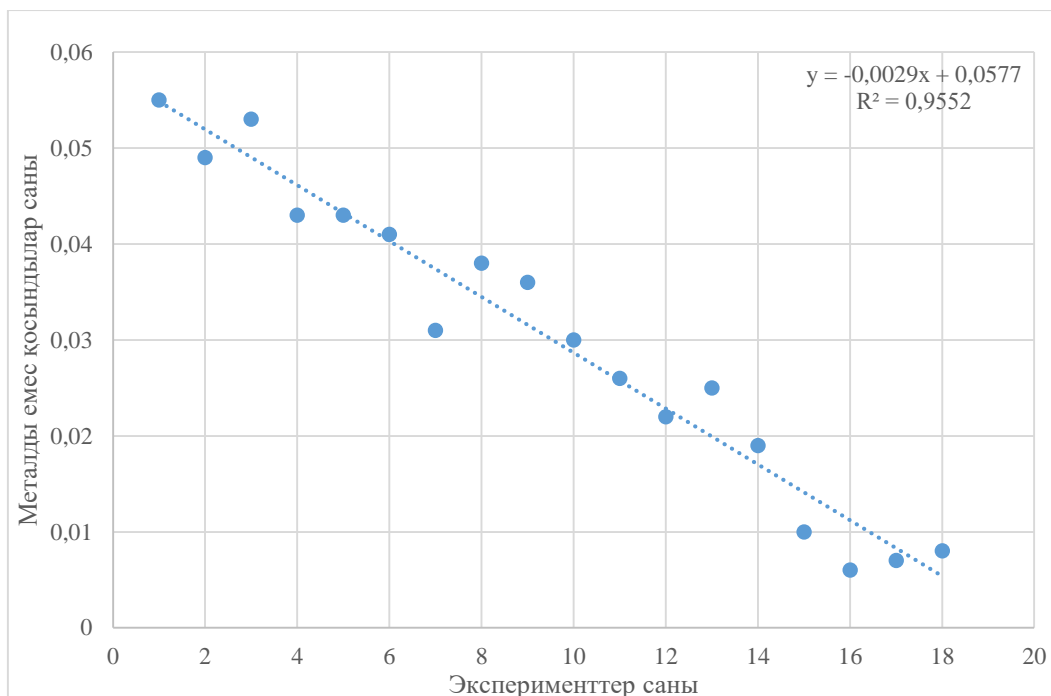
Өрескел қателерді жойғаннан кейін Пирсон критерийі бойынша таралудың қалыптылығын тексеру шарасы (процедурасы) 2.8 формула бойынша жүргізілді, оның нәтижелері 3.2 кестеде көрсетілген.

Кесте 3.2 – Пирсон критерийі бойынша таралудың қалыптылық нәтижелері

| Тәжірибелер саны | Іріктемедың орташа мәні | Іріктеме дисперсиясы | Мәнділік деңгейі | Пирсон критерийінің есептеу мәні | Пирсон критерийінің кестелік мәні |
|------------------|-------------------------|----------------------|------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 18               | 0,03                    | 0,0002               | 0,01             | 17,3                             | 21,7                              |

3.2-кестеде жүргізілген тәжірибелер нәтижесінде алынған іріктеме 2.5 формуласына сәйкес қалыпты таралу заңына сәйкес келетіні көрсетілген, өйткені Пирсон критерийінің 17.3 алынған мәні, 0,01 маңыздылық деңгейі кезінде 21.7 кестелік мәнінен аз.

Өрескел қателіктерді және таралудың қалыптылығын анықтау процедурасын орындағаннан кейін, тәжірибе нәтижелері бойынша регрессия теңдеуін анықтаумен мәліметтер тәуелділігінің графигі құрастырылды, ол оттегі конвертерінен сұйық болат құйылғаннан кейін металдағы металл емес қосындылардың мөлшері бойынша металлургиялық қожды бөлу үшін ұсынылатын құрылғыларды пайдалануға әсер ету ретін түсіндіреді (3.3- сурет).



Сурет 3.3 – Металл емес қосындылар санының бөлу құрылғыларын пайдаланудан тәуелділігін түсіндіру кестесі

Жеткілікті жоғары детерминациялық  $R^2 = 0,9552$  коэффициентпен анықталған регрессия теңдеуінде болатты конвертерден құю кезіндегі болаттағы металды емес қоспалардың аз мөлшері ұсынылған бөлу қондырғысын пайдалануды түсіндіруге (интерпретациялауға) маңызды статистикалық әсер ететінін көрсетеді:

$$Y = -0,0029X + 0,0577. \quad (4.1)$$

0,05 маңыздылық деңгейімен 2.16 формулаға сәйкес Фишер критерийі бойынша аныталған математикалық моделдің адекваттылығын көрсетеді. Фишер критерийінің есептеу мәні 0,6 тең, кестелі Фишер критерийінің мәнінен аз, 1,85 тең. Сонымен, мынандай қортынды жасауға болады, алынған математикалық модел (4.1 теңдеу) адекватты.

Атап өту керек, конвертер моделінде эксперименттерді орындау кезінде, болатты құю процесін моделдеу кезінде ұқсастық (подобия) коэффициенті ескерілмеді, өйткені зерттеу мақсаты сұйық қозғалысының кинематикасын және осы процесте орындалатын беталысты (тенденцияларды) зерттеу.

Келесі кезеңде орындалған тәжірибелер және алынған мәліметтер негізінде квалиметриялық бағалау орындалды. Есептеулер 2 бөлімнің 2.4 тармағында сипатталған әдістемеге сәйкес есептелді. Металлургиялық конвертер моделінде

жүзеге асырылған тәжірибелер нәтижелері бойынша  $K_0 = 0,716$ , өнім сапасының интерпретирленген кешенді көрсеткіші анықталды, 2.2-кестенің қажеттілік шкаласына сәйкес бірінші сортты өнімге арналған стандарт талаптарына сәйкес келеді.

Конвертерлі балқыту процесін математикалық модельдеу нәтижелері (2.6-бөлім) сәйкес өнімнің ең көп шығымы болатын ұңғыманың оңтайлы көлбеу бұрышы 12 градус екенін көрсетті.

Осылайша, құрылымдық ерекшеліктер қарастырылып, болатты құю кезінде болат құю шөмішіне түсетін соңғы қож мөлшерін азайту мақсатында оттегі конвертерінің ағыс арнасының параметрлерін зерттеу нәтижелері келтірілген.

Болат балқыту цехтары жағдайында ұсынылған техникалық шешімді қолдану конвертерлік болатты өндіру технологияларының тиімділігін арттырып қана қоймай, көбінесе қойылатын талаптарға толық жауап бермейтін қымбат ұқсас қондырғылардың импортынан бас тартуға мүмкіндік береді.

### **3 тарау бойынша қорытынды**

Техникалық шешім әзірленді және ұсынылды: ағыс саңылауының конструктивтік ерекшелігі, яғни конвертердің ағыс арнасы көлденең жазықтыққа 6-18 градус бұрышта орналасқан (№ 6354 Қазақстан Республикасының патенті).

Бірқатар эксперименттік тәжірибелер жүргізілді, олардың мақсаты металлургиялық қожды болат балқымасынан бөлу бойынша ұсынылған техникалық құрылғылардың функционалдық тиімділігін анықтау болды. Бастапқы кезеңде металлургиялық конвертерден сұйық болатты құю кинематикасын зерттеу мақсатында конвертердің моделін (яғни, қыздырусыз) қолдана отырып бірқатар тәжірибелер жүргізілді. Осы технологиялық процесті имитациялау үшін 1:100 масштабында жасалған металлургиялық конвертер моделі 12 градус ағыс арнасының көлбеу бұрышымен қолданылды. Осылайша, жылдамдық режимі мен масштаб коэффициентін ескере отырып, оттегі конвертерінен сұйық болатты шығару процесін модельдеу жүргізілді.

Жоғарыда келтірілген әдістеме бойынша алынған мәліметтерге статистикалық өңдеу жүргізілді, атап айтқанда: өрескел қателіктерді жою Студенттік критерийдің көмегімен жүргізілді, алынған мәліметтердің қалыпты таралуын тексеру Пирсон критерийінің көмегімен жүргізілді.

Жүргізілген тәжірибелердің нәтижелері бойынша регрессия теңдеуін таба отырып, деректерге тәуелділік графигі салынды, ол ұсынылған металлургиялық қожды бөлуге арналған құрылғыларды пайдаланудың оттегі конвертерінен сұйық болат шығарылғаннан кейін металдағы металл емес қосындылар санына қалай әсер ететінін көрсетеді.  $R_2 = 0,9552$  жеткілікті жоғары детерминация коэффициентімен алынған регрессия теңдеуі конвертерден шығарылған кезде болаттағы металл емес

қосындылардың азаюына ұсынылған бөлу құрылғыларын пайдалануды түсіндірудің статистикалық маңызды әсерін көрсетеді. Алынған математикалық модельдің сәйкестігі Фишер критерийі бойынша анықталды. Айта кету керек, конвертердің моделінде эксперименттер жүргізу кезінде болат шығару процесін модельдеу кезіндегі ұқсастық коэффициенттері ескерілмеді, өйткені зерттеудің мақсаты сұйықтық қозғалысының кинематикасын зерттеу және осы процесте болатын тенденцияларды зерттеу болды.

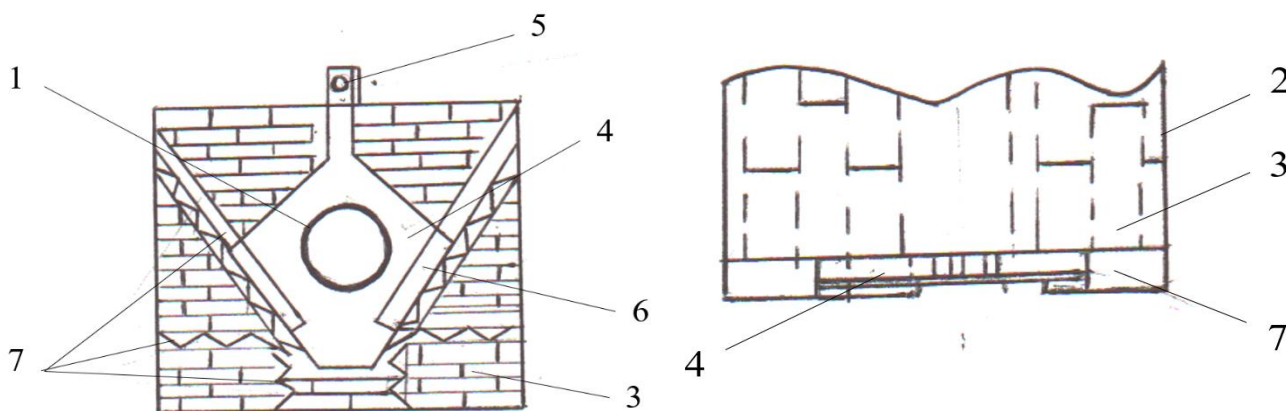
Әрі қарай жүргізілген тәжірибелер мен алынған мәліметтер негізінде квалиметриялық бағалау жүргізілді. Есептеулер жоғарыда аталған әдістемеге сәйкес жүргізілді.  $K_0 = 0,716$  металлургиялық конвертердің моделінде жүргізілген тәжірибелер нәтижелері бойынша өнім сапасының түсіндірмелі кешенді көрсеткішін алдық, бұл қалаулылық шкаласына сәйкес бірінші сұрыпты өнімге арналған стандарт талаптарына сәйкес келеді.

Конвертерлі балқыту процесін математикалық модельдеу нәтижелері (2.6-бөлім) сәйкес өнімнің ең көп шығымы болатын ұңғыманың оңтайлы көлбеу бұрышы 12 градус екенін көрсетті.

## 4 ЖОҒАРЫ САПАЛЫ БОЛАТ ӨНДІРУ ЖӨНІНДЕГІ ІС-ШАРАЛАР КЕШЕНІ

### 4.1 Қожды металдан бөлуге арналған қосымша бөлу құрылғысын жасау

Болат балқытуды қайта бөлуді, атап айтқанда болат құю шөмішіне балқытылған кезде металл ағынын жасау үшін конвертерлер мен доғалы болат балқыту қондырғыларында болат өндіруді білдіретін өнертабыс келесі техникалық шешім [79] болып табылады (4.1-сурет).



- 1 – отқа төзімді ағыс каналы; 2 – болатты қаптама; 3 – қаланған кірпіш;  
4 – целлюлозадан жаслаған қойынды; 5 – жөндеу үшін саңылау;  
6 – қозғалтқыштар; 7 – бекіту элементтері

Сурет 4.1 – Болат балқыту қондырғысының ағыс торабы

Прототип ретінде газдарды адсорбциялау үшін екі қабатты цилиндрді қолданатын құрылғы [80] таңдалды, оның ішкі қабаты сұйық жанғыш жеңіл буланатын затқа малынған кеуекті отқа төзімді материалдан жасалған. Бұл нұсқаның кемшілігі - жоғары температуралы металл ағынының қисық сызықты өтуіне бейімделу қиын.

Болат балқыту агрегатынан металды шығару кезеңінде ағыс блогының сыртқы бөлігі сұйық металмен жанасқанда 350-700°C температурамен 1590-1680°C температураға ие, металл ағынын шашыраңқы түрге келтіретін ағыс пайда болып, бұл өз кезегінде металдың азотпен, оттегімен қанығуына жағдай жасайды, осылайша көміртегі концентрациясы төмендейді және темір оксидтерінің үлесі артады. Мұның бәрі шөміш футеровкасының беріктігінің төмендеуімен, тотықсыздандырғыштар мен легирлеуші материалдардың көп тұтынылуымен, сондай-ақ металл температурасының айтарлықтай төмендеуімен бірге жүреді. Дәстүрлі металлургиялық қондырғылар металды құю арналарымен жабдықталған, олар көлденеңінен 3-75°C бұрышта орналасқан, бұл металл ағынын атмосферадан қорғауға мүмкіндік бермейді, өйткені балқыма ауырлық кезінде таралады.

Сұйықтықты құюдың тиімді нұсқасы – аз мөлшердегі ферростатикалық қысымы бар және түзу ағыстағы қатаң тік позициясы. [81] жұмысында металл ағынының айналасында 0,4-0,6 МПа қысыммен шығыны 10-100 л/мин болатын қорғаныш редуцияланатын немесе инертті газды беру көзделеді, ал қорғаныш газының ағынына 100-4000 Гц жиіліктегі акустикалық тербелістер қойылады, бұл қорғаныш газының металлға жеделдетілген диффузиясына әкеледі. Бұл жұмыстың негізгі кемшілігі - ағынның жоғары температурасында (1500-1600°C) және магистральдық желілермен байланысқан бақылау-өлшеу құралдарында берілген параметрлерді бақылаудың күрделілігі.

[82] жұмысында металдың қасиеттерін өзгертетін элементтер толып кетпес бұрын металлға қосылады. Сонымен қатар, бұл шешімнің кемшілігі балқытылатын болат маркаларының сортының төмендеуі болып табылады.

Ұсынылған техникалық шешім [79] металл қаптаманы, кірпішпен қапталған отқа төзімді ағыс блогын қамтитын болат балқыту қондырғысының ағыс қондырғысы конвертердің жұмыс футеровкасының қызуына байланысты цилиндрлік катушкалардың 4-7 бөлімінен тұратын ағыс блогының шығысында қалыңдығы 15-60 мм целлюлоза төсемі орнатылатындығымен ерекшеленеді, саңылауы 0,95-1,2 диаметрлі ағыс блогы қозғалтқыштармен бекітілген. Қозғалтқыштар ағыс блогының қаптамасына ағыс аузына тығыз орналасуы арқылы арнайы металл профильдермен бекітіледі.

Қосымша құрылғы қалыңдығы 15 мм-ден аз болса, эффект өтпелі жану салдарынан болмайды, ал қалыңдығы 60 мм-ден асатын болса, бастапқы шығару кезеңінде қосымша құрылғының біркелкі емес биіктігіне байланысты металдың шашырауы байқалады. Ұңғыма саңылауының диаметрі 0,95 ұңғыма диаметрінде қож-металл балқымасының динамикалық соққысы қосымша құрылғы бөледі, ал ұңғыма диаметрі 1,27 ұңғымада әсер байқалмайды.

## **4.2 Ыстық тконвертер моделін қолдана отырып, болат шығару процесін модельдеу**

Келесі кезеңде Қарағанды индустриялық университетінің өндірістік алаңының балқыту участкесінің базасында қуаты 150 кВА (4.9 сурет) электрлі доғалы пешті пайдаланумен өндірістік эксперименттер топтамасы жүзеге асырылды [83-85].



Сурет 4.2 – Қуаттылығы 150 кВА электрдоғалы пеші

Қолданыстағы конвертер моделінің (4.1 сурет) ішкі футеровкасы ұсақталған периклазды көміртекті отқа төзімді кірпіштен және сұйық шынылы қоспадан (4.10 сурет) жасалған.



Сурет 4.3 – Ішкі отқа төзімді қаптауы бар конвертер моделі

[50] жұмысқа сәйкес болатты құю арнасының конструкциясының имитациясы ретінде жалған табалдырықты жасау мақсатында ұсақталған периклазды көміртекті отқа төзімді кірпіштен және сұйық шынылы қоспа қолданылған. [50,60,79] жұмысқа сәйкес бөлу қондырғысының имитациясы ретінде пенополиуретан (4.4 сурет) қолданылды.



Сурет 4.4 – Имитациялық бөлу құрылғысы бар конвертер моделі

Оттегі конвертерінен болатты құю процесін моделдеу орындалды. Ол үшін жартылай өндірісті қуаты 150 кВА электрлі доғалы пеш үшін 08кп маркалы металл қиындылары (4.5-сурет) балқытылды.



Сурет 4.5 – Сұйық болатты алу процесі

Содан кейін сұйық болатты дайын конвертер моделіне құйылды және оттекті конвертерден сұйық болатты құю процесін моделдеу жүзеге асырылды.

Атап өту қажет, металл 1680°C температураға дейін қыздырылды, сонымен процесс шамалы қыздырумен (бұл конвертер моделінде сұйық болатты қайта құю процесін ескеру үшін жасалды, өйткені техникалық себептерге қатысты конвертер моделінде болатты балқыту мүмкін болмауына қатысты) орындалды.

Осылайша, тәжірибенің бірнеше топтамасы орындалды, оның ішінде: имитациялы бөлу қондырғысын қолданумен және имитациялы бөлу қондырғысын қолданусыз орындалды. Metallургиялық қож сұйық болаттың оттегімен өзара әрекеттесу нәтижесінде түзіледі, өйткені моделдеу кезінде қож үшін қосымша



имитирлеуші құрал қажет емес. Атап өту қажет, оттекті үрлеу орындалмады, өйткені ол қажет емес. Тек ғана ұсынылған бөлу қондырғысының оттекті конвертерден сұйық болатты құю процесі кезеңінде металды емес қоспаларының түсу мүмкіндігін төмендету қабілеттілігі зерттелді.

### **4.3 «АМТ» АҚ жағдайында конвертерден металды болат құю шөмішіне шығару кезінде ұсынылатын құрылғыны сынақтан өткізу**

Конвертерден металды шығару келесідей жүзеге асырылады: болат балқытылған кезде 300 тонналық конвертерде ағыс блогы ішкі цилиндрлік ағыс арнасы 160 мм, жалпы ұзындығы 161 см болатын бір-біріне коаксиалды түрде салынған 7 катушкадан тұрады. 300 тонналық металды шығару ұзақтығы 11 мин 10 секунд.

Металл шығарар алдында конвертермен бірге ағыс блогын болат балқытушының жұмыс аймағының деңгейінде орнатады. Болат балқытушы қозғалтқыш науаларды қож қалдықтарынан тазартып, жоғары бөліктің үстіңгі жағынан «қойындыны» орнатады, содан кейін сағат тілімен және сағат тіліне қарсы 50-80 см енгізілген ағаш цилиндрді (күрек тұтқасын) пайдаланып, ағыс каналына 161 см саңылауы бар «қойындыны» және қалыңдығы 36 мм фанераны орнатады, содан кейін металл тығыз ықшам ағынмен болат шөмішке құйылады.

Екі минут 30 секундтан кейін «қойынды» толығымен жанып кетеді, алайда тік ағыстың пайда болуы байқалмайды, өйткені ол металды босатудың бастапқы кезеңінде қалыптасады.

«АМТ» АҚ жағдайында балқытуды жүргізу кезінде пайдаланылатын материалдардың химиялық құрамы (құрамдас бөлігінің массалық үлесі %) 4.1-кестеде келтірілген.

Балқыту жүргізілгеннен кейін сұйық металл үздіксіз құю агрегатына келіп түсті, кейіннен «АрселорМиттал Теміртау» АҚ-да қабылданған технологиялық режимдер бойынша 1700 (ҮКЖС 1700) үздіксіз кең жолақты станда кейіннен илемдеу үшін әдістемелік пештерде 1250°C температураға дейін қыздыруға ұшыраған үздіксіз құйылған слябтар алынды.

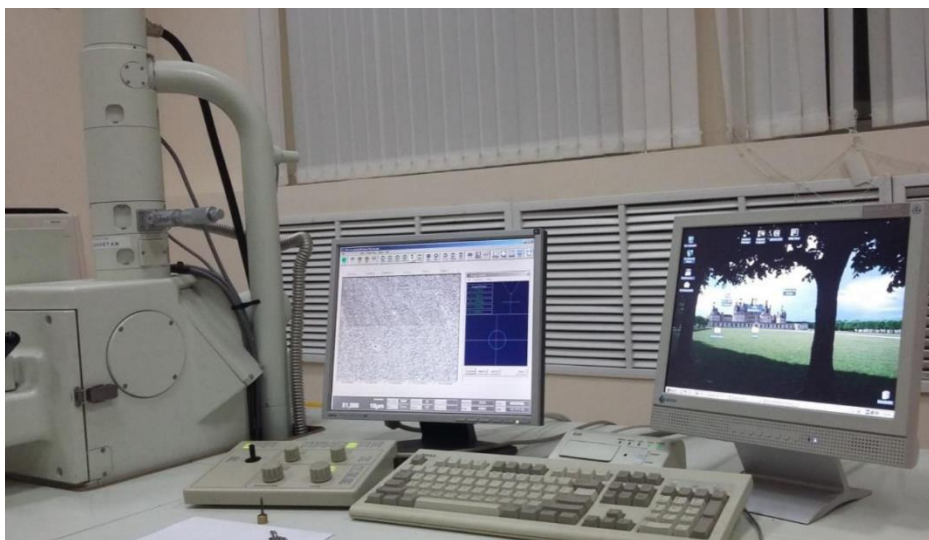
ҮКЖС 1700 торлардың екі тобынан тұрады, атап айтқанда өрескел топ (масштабты сынғыш және қатарынан орналастырылған төрт «кварто» торлары) және әрлеу тобы (үздіксіз орналастырылған жеті "кварто" торлары).

Қалыңдығы 200 мм 08жт Болат маркалы слябтар қалыңдығы 2,5 мм (ені 1000 мм) жолаққа айналдырылды. Ыстық илектеуден кейін иілгіштік ресурсын қалпына келтіру үшін алынған илем сорғыш пештерде күйдіріледі. Бұдан әрі күйдірілген металл «АрселорМиттал Теміртау» АҚ «кварто» торларымен 1700 суық илемдеудің үздіксіз бес торлы станда илектелді. Қалыңдығы 2,5 мм, суық илемдеу кезінде Квакеролды технологиялық майлауды қолдана отырып, қалыңдығы 0,5 мм-ге дейін прокатталды.

Кесте 4.1 –Компоненттердің массалық үлесі, %

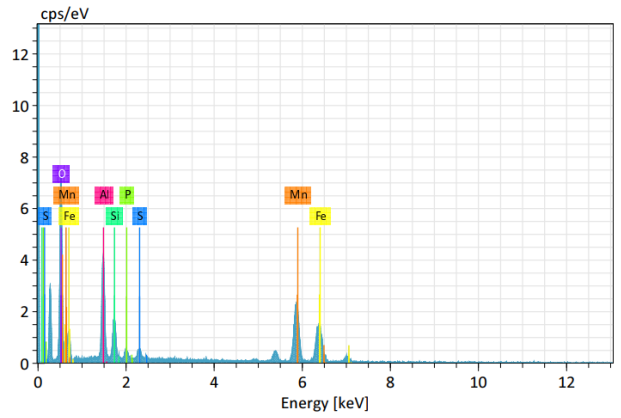
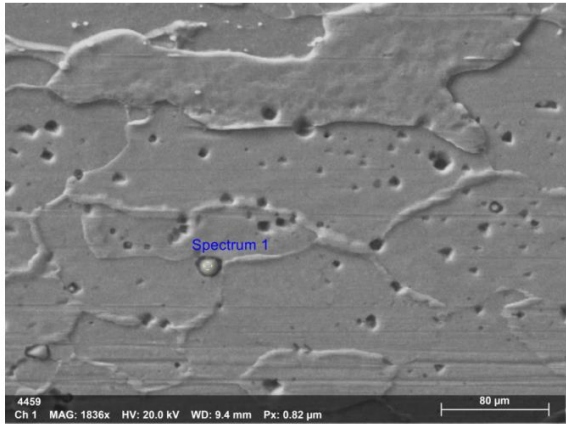
| Материал                          | Құрамы, % |      |      |      |      |      |      |                                |                  |                                |      |      |      |                               |
|-----------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------|------|------|-------------------------------|
|                                   | Fe        | C    | Si   | Mn   | P    | S    | FeO  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MnO  | MgO  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
| Орташа кесу                       | 99,5      | 0,12 | 0    | 0,42 | 0    | 0,04 | 0    | 0                              | 0                | 0                              | 0    | 0    | 0    | 0                             |
| Көміртекті болат сынықтары        | 94,9      | 0,23 | 0,13 | 0,51 | 0    | 0,04 | 0,62 | 1,44                           | 2,33             | 0                              | 0    | 0    | 0    | 0                             |
| Шойын<br>$t_{cp} = 1320^{\circ}C$ | 94,7      | 4,34 | 0,7  | 0,23 | 0,07 | 0,02 | 0    | 0                              | 0                | 0                              | 0    | 0    | 0    | 0                             |
| Қождалған скрап                   | 79,8      | 0,24 | 0,1  | 0,11 | 0    | 0,03 | 3,13 | 0                              | 3,81             | 0,53                           | 9,31 | 1,83 | 0,52 | 0,11                          |
| Әктас                             | -         | -    | -    | -    | -    | 0,05 | -    | -                              | 1,82             | 0                              | 97   | 0    | 1,05 | 0,13                          |
| Миксерлі кож                      | -         | -    | -    | -    | -    | 0,12 | 2,13 | 0,74                           | 37               | 7,51                           | 41   | 3,54 | 6,0  | 0,14                          |
| Периклазок өміртектіфу теровка    | -         | 8    | -    | -    | -    | -    | -    | 0,41                           | -                | -                              | 1,53 | -    | 90,1 | -                             |

Металграфиялық зерттеуді орындау және болаттағы металды емес қоспалардың санды көрсеткіштерін анықтау мақсатында 3000 есе (4.6-сурет) үлкейтумен электронды JEOL сканирлеуші микроскопта зерттеу орындалды.

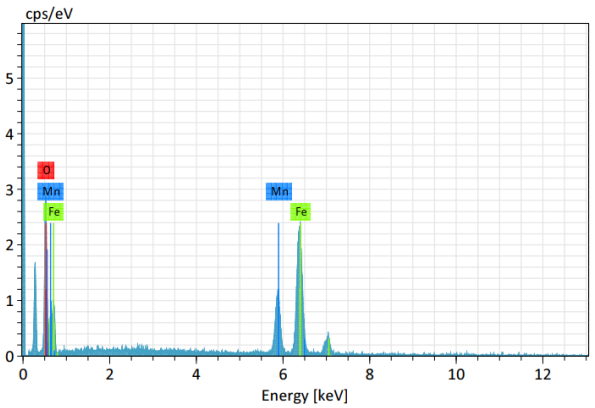
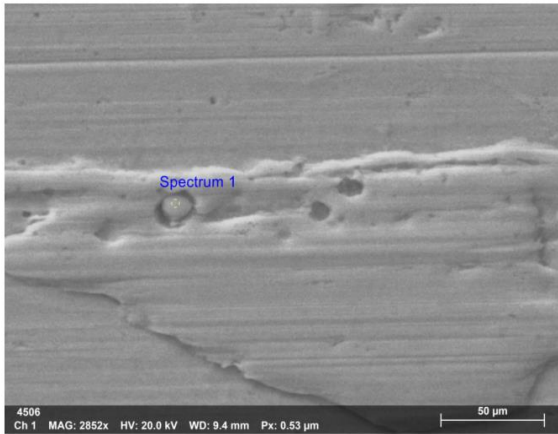


Сурет 4.6 – Электрондық сканирлеуші микроскоп JEOL

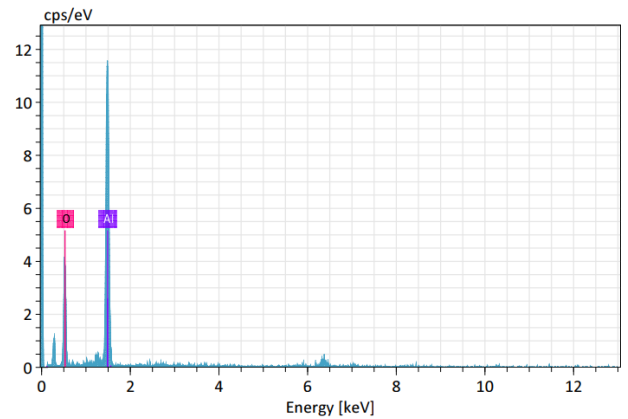
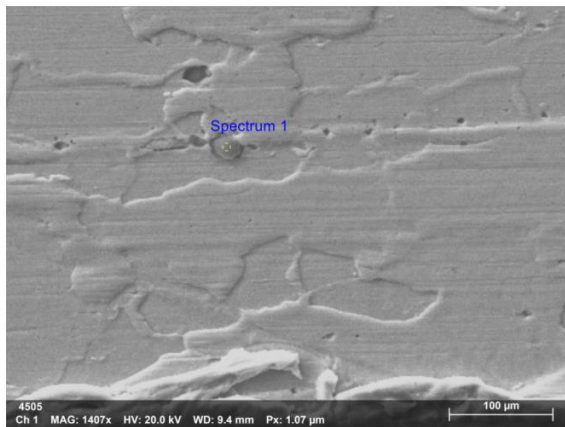
Металлографиялық зерттеулердің нәтижелері бөлу құрылғыларын пайдалану болат шығарылған кезде оның металл емес қосындыларының санын айтарлықтай төмендететінін көрсетті (4.7-4.10 суреттер,  $\times 3000$ ).



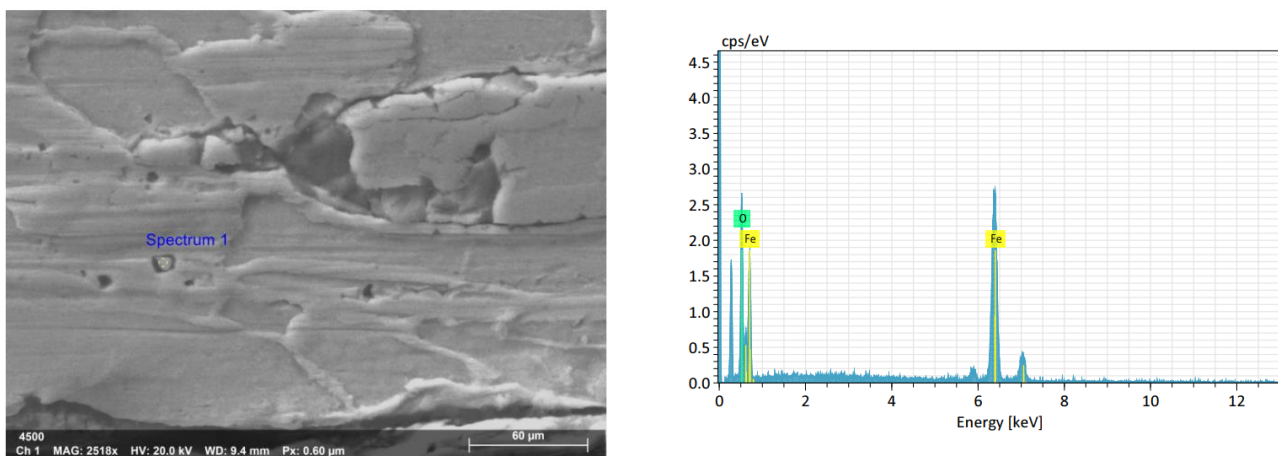
Сурет 4.7 – Бөлу құрылғыларын пайдаланбаған кездегі металлографиялық зерттеулердің нәтижелері



Сурет 4.8 – Бөлу құрылғыларын пайдаланған кездегі металлографиялық зерттеулердің нәтижелері (№3 балқыту)



Сурет 4.9 – Бөлу құрылғыларын пайдаланған кездегі металлографиялық зерттеулердің нәтижелері (№8 балқыту)



Сурет 4.10 – Бөлу құрылғыларын пайдаланған кездегі металлографиялық зерттеулердің нәтижелері (№12 балқыту)

Әрі қарай алынған нәтижелерге статистикалық өңдеу жүргізілді. 2.4 формуласына сәйкес Стьюденттің коэффициентін қолдана отырып, өрескел қателіктерді жою әрекеттері жүргізілді. Өрескел қателерді жою әрекеттерінің нәтижелері 4.2-кестеде келтірілген.

Кесте 4.2 – Өрескел қателерді жою әрекеттерінің нәтижелері

| Тәжірибелер саны | Іріктемедең орташа мәні | Іріктеме дисперсиясы | Мәнділік деңгейі | Максималды шекті Стьюдент коэффициенті | Кестелі мәндер |
|------------------|-------------------------|----------------------|------------------|--|----------------|
| 16               | 0,06                    | 0,0004               | 0,001            | 6,1                                    | 6,64           |

4.2-кестеден байқағанымыздай, Стьюденттің таралу коэффициентінің нәтижелі максималды шекті коэффициенті, 6,1 тең, 0,001 маңыздылық деңгейі кезінде 6,64 кестелік таралу мәнінен аз, осылайша, эксперимент нәтижелері бойынша алынған іріктемеде өрескел ауытқулар жоқ, керісінше, белгілі бір тәуелділік бар деп қорытынды жасауға болады.

Өрескел қателерді жойғаннан кейін Пирсон критерийі бойынша таралудың қалыптылығын тексеру шарасы (процедурасы) 2.8 формула бойынша жүргізілді, оның нәтижелері 4.3 кестеде көрсетілген.

Кесте 4.3 – Пирсон критерийі бойынша қалыптылықты тексеру нәтижелері

| Тәжірибелер саны | Іріктемедең орташа мәні | Іріктеме дисперсиясы | Мәнділік деңгейі | Пирсон критерийінің есептеу мәні | Пирсон критерийінің кестелік мәні |
|------------------|-------------------------|----------------------|------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 16               | 0,06                    | 0,0004               | 0,01             | 24,6                             | 33,4                              |

4.2-кестеден байқағанымыздай, Стьюденттің таралу коэффициентінің нәтижелі максималды шекті коэффициенті, 6,1 тең, 0,001 маңыздылық деңгейі кезінде 6,64 кестелік таралу мәнінен аз, осылайша, эксперимент нәтижелері бойынша алынған іріктемеде өрескел ауытқулар жоқ, керісінше, белгілі бір тәуелділік бар деп қорытынды жасауға болады.

Өрескел қателерді жойғаннан кейін Пирсон критерийі бойынша таралудың қалыптылығын тексеру шарасы (процедурасы) 2.8 формула бойынша жүргізілді, оның нәтижелері 4.3кестеде көрсетілген.

Кесте 4.3 – Пирсон критерийі бойынша қалыптылықты тексеру нәтижелері

| Тәжірибелер саны | Іріктемедің орташа мәні | Іріктеме дисперсиясы | Мәнділік деңгейі | Пирсон критерийінің есептеу мәні | Пирсон критерийінің кестелік мәні |
|------------------|-------------------------|----------------------|------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 16               | 0,06                    | 0,0004               | 0,01             | 24,6                             | 33,4                              |

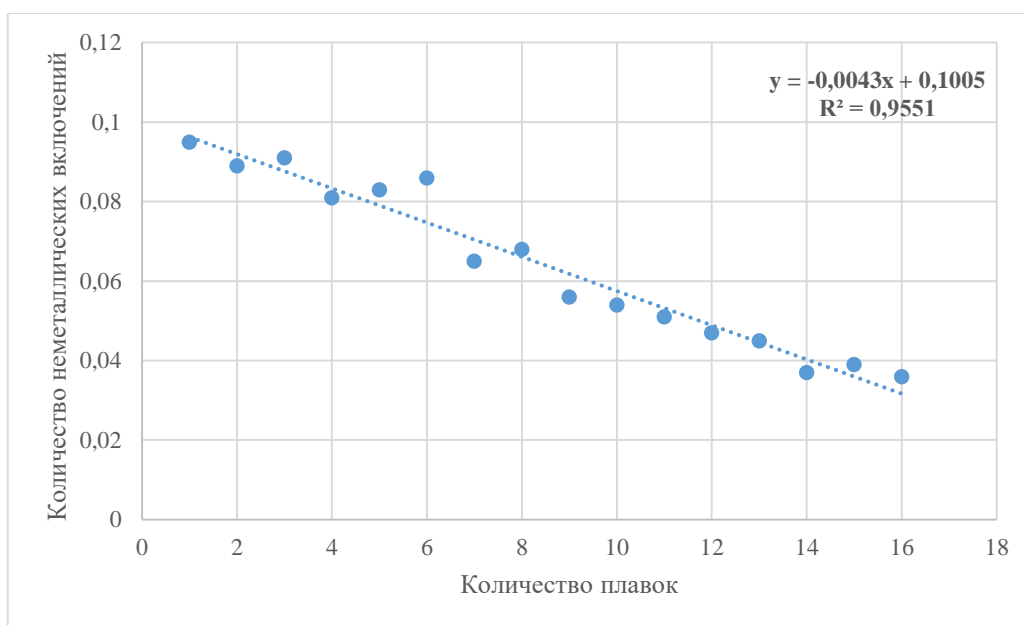
4.3-кестеде бойынша тәжірибелерді орындау нәтижесінде алынған іріктеме 2.5 формулаға сәйкес таралу заңының қалыптылығымен келісіледі, сонымен алынған Пирсон критерий мәні 24,6 мәнділік мәні 0,01 кезінде кестелік 33,4 мәнінен аз.

Өрескел қателіктерді және таралудың қалыптылығын анықтау процедурасын орындағаннан кейін, тәжірибе нәтижелері бойынша регрессия теңдеуін анықтаумен мәліметтер тәуелділігінің графигі құрастырылды, ол оттегі конвертерінен сұйық болат құйылғаннан кейін металдағы металл емес қосындылардың мөлшері бойынша металлургиялық қожды бөлу үшін ұсынылатын құрылғыларды пайдалануға әсер ету ретін түсіндіреді (4.11-сурет).

Жеткілікті жоғары детерминациялық  $R^2 = 0,9551$  коэффициентпен анықталған регрессия теңдеуінде болатты конвертерден құю кезіндегі болаттағы металды емес қоспалардың аз мөлшері ұсынылған бөлу қондырғысын пайдалануды интерпретациялауға маңызды статистикалық әсер ететінін көрсетеді:

$$Y = -0,0043X + 0,1005. \quad (4.1)$$

0,05 маңыздылық деңгейімен 2.16 формулаға сәйкес Фишер критерийі бойынша аныталған математикалық моделдің адекваттылығын көрсетеді. Фишер критерийінің есептеу мәні 0,8 тең, кестелі Фишер критерийінің мәнінен аз, 1,97 тең. Сонымен, мынандай қортынды жасауға болады, алынған математикалық модел (4.1-теңдеу) адекватты.



Сурет 4.11 – Металл емес қосындылар санының бөлу құрылғыларын пайдаланудан тәуелділік графигі

Ыстық конвертер моделінде ғылыми эксперименттерді өткізуде моделдеу кезінде [84-86] ұқсастық қағидаты (принципі) сақталды.

А). Геометриялық ұқсастық байқалады: конвертер моделі «АрселорМиттал Теміртау» АҚ металлургиялық конверторының 1:100 масштабтағы дәл көшірмесі.

Б). Уақыт ұқсастығы да байқалды: масштаб факторын ескере отырып, сондай-ақ нақты өнеркәсіптік конвертордың қолданыстағы көлемдерін және оның макеттік моделін ескере отырып, болат өндіру процесінің уақыт шеңберлерінің пропорциялары сақталды.

В). Құю процесін модельдеу кезінде металл балқытылды және сұйық болат пайдаланылды, осылайша физикалық ұқсастық ескерілді. Басқаша айтқанда, бұл жағдайда физикалық ұқсастық коэффициенті 1 тең, сондықтан тәжірибелік модельдеу процесінің шарттары нақты өндірістегі конвертерден болат алу процесіне ұқсас деп болжауға болады.

Келесі кезеңде жүргізілген тәжірибелер мен алынған мәліметтер негізінде квалиметриялық бағалау жүргізілді. Есептеулер 2-бөлімнің 2.4-тармағында келтірілген әдістемеге сәйкес жүргізілді.  $K = 0,693$  металлургиялық конвертердің ыстық моделінде жүргізілген тәжірибелер нәтижелері бойынша өнім сапасының түсіндірмелі кешенді көрсеткішін алдық, бұл 2.2-кестенің қажеттілік шкаласына сәйкес өнімге арналған стандарт талаптарына сәйкес келеді

Конвертер моделін және ыстық конвертер моделін қолдана отырып жүргізілген нәтижелер бір-біріне сәйкес келеді. Алынған 4.1 және 4.2 теңдеулер металлургиялық конвертерден сұйық болатты шығару кезінде бөлу құрылғыларын пайдалану кезінде металл емес қосындылардың азаюын жеткілікті түрде көрсетеді.

Әрі қарай, металлургиялық конвертердің ыстық моделінде жүргізілген тәжірибелердің нәтижелері бойынша өнім сапасының түсіндірмелі кешенді көрсеткіші есептелді, бұл ретте бөлу құрылғыларын –  $K^*$  пайдаланбай алынған нұсқалар таңдалды. Басқаша айтқанда,  $K^*$  көрсеткіші-бұл бөлу құрылғыларын пайдаланбай дәстүрлі құю әдісімен алынған болат сапасының түсіндірмелі кешенді көрсеткіші.  $K^* = 0,684$  алынды.  $K(0,693)$  және  $K^*(0,684)$  көрсеткіштерін бағалау кезінде ұсынылған бөлу құрылғылары металл емес қосындылардың жалпы санын 1,3% - ға төмендетеді деген қорытынды жасауға болады.

Ұсынылып отырған техникалық шешім ферроқорытпалар мен алюминий қалдықтарын, жылуды жоғалтуды азайтуға, прокатқа арналған болат дайындамалардағы металл емес қосындылардың үлесін азайтуға мүмкіндік береді.

#### 4.4 Ұсынылған іс-шаралардың экономикалық тиімділігін есептеу

Балқыту ұзақтығы ( $\tau_{пл}$ ) үрлеу және көмекші операциялардың (сынықтарды үю, шойынды құю, сынамаларды алу, металдың температурасын өлшеу, талдауды күту, қожды түсіру, металды шөмішке құю, болат ағыс саңылауын бұзу (мүшелеу) және өңдеу және т.б.):

а) балқыманы тазарту ұзақтығы негізінен оттегінің берілу қарқындылығына байланысты және конвертер зарядының салмағына қарамастан әдетте 10–20 минутты (оттегі берудің қарқындылығы неғұрлым көп болса, балқыманы тазарту ұзақтығы соғұрлым қысқа болады) құрайды;

б) қосалқы операциялардың ұзақтығы (әсіресе сынықтарды үю, шойынды құю, шөмішке металды төгу) конвертердің сыйымдылығымен (жүктемесі) және жабдықтың қуатымен анықталады және балқыту процесінің осындай технологиясы мен ұйымдастырылуы және қарапайым болат маркалары үшін қайта өңделген шойындарда жұмыс істегенде қазіргі заманғы конвертер цехтарында әдетте 15-25 минутты құрайды (басқада тең жағдай кезінде, конвертер сыйымдылығы неғұрлым үлкен болса, қосалқы операциялардың орташа ұзақтығы соғұрлым ұзағырақ болады).

Сондықтан, үрлеу қарқындылығына, конвертер сыйымдылығына және т.б. жағдайларға байланысты балқытудың ( $\tau_{пл}$ ) жалпы ұзақтығы әдетте 25-45 мин (жиі 30-40 мин) шегінде ауытқиды. «АрселорМиттал Теміртау» АҚ жағдайында балқыту ұзақтығы 45 мин, бұл дегеніміз 0,75 сағатты құрайды.

Жұмыс жасайтын конвертердің (КП) бос тұру саны цехтың күрделі жөндеу жұмыстарының ұзақтығымен (әдетте күнтізбелік уақыттың 1,0-2,0%) және жөндеумен және фурм, кессондарды және т.б. (әдетте күнтізбелік уақыттың 2,0-3,0%) ауыстырумен байланысты ағымды ыстық) бос тұру ұзақтығымен анықталады. [86] сәйкес есептеу үшін күрделі жөндеуде 1,4% және ағымды (ыстық) бос тұруда 2,4% қолдануға болады барлығы КП= 3,8%.

Жарамды өнімнің ( $m$ ) шығымы жарамды болат шығымы және сұйық болаттан жарамды слябтердің шығымымен, сұйықты болатты жарамды слябтер шығымының коэффициентіндегі сұйық болат шығымының коэффициенті туындысы түріндегі конвертер садкасынан жарамды слябтер шығымының коэффициентімен анықталады. Сұйық болатты жарамды слябтер шығымы негізінен алынатын слябтер салмағына қатысты тәуелді және ДҮҚМ (есептеу кезінде 0,98 қолданылады) құю кезінде орташа есеппен 0,96-0,98 құрайды. [101] сәйкес сұйық болаттың шығу коэффициентін есептеу кезінде конвертер садкасының салмағына қатысты 0,91% қолдануға болады. Сонда жарамды өнім шығымы  $m = 0,91 \times 0,98 = 0,89$  (не 89% конвертер садкасының салмағына қатысты).

(2.34) формула бойынша конвертер өнімділігін есептейміз. Жылына  $B_1 = 3$  млн тонна. Мынаны ескерумен, ұсынылатын бөлу қондырғысы металды емес қоспалар мөлшерін 1,3% (осы диссертациялық жұмыстың 4.2 тармағында есептелген) төмендетеді, сонда бөлу қондырғысын ескерумен жарамды өнімнің шығым коэффициенті  $m' = 89 + 1,3 = 90,3$  (0,9). Конвертер өнімділігін (2.34) формула бойынша  $m' = 0,9$  коэффициентін ескерумен есептейміз. Жылына  $B_2 = 3,3$  тонна екенін анықтаймыз. Өнімділіктің өсуі жылына 300 мың тоннаны ( $\Delta B$ ) құрайды.

(2.33) формуласы бойынша өндіріс көлемінің даму коэффициентін есептейміз және  $K_p = 1,011$  аламыз.

[86] сәйкес шартты-айнымалы  $C_{1a}$  және шартты-тұрақты  $C_{1b}$  шығындар болатты балқыту қайта өңдеу үшін 12656 және 2304,72 теңгеге сәйкес тең.

(2.32) және (2.33) формула бойынша сұрыптауды төмендетуді ескерумен базалық нұсқа және өнімнің құнын есептейміз.

(2.30) формула бойынша мынаны ескерумен жылдық экономикалық тиімділікті есептейміз: доллар курсы 1 доллар 450 теңге; 1 тонна сляб құны 750 доллар. Ұсынылған іс-шараларды қолданумен күтілетін экономикалық тиімділік жылына  $\Delta = 300$  млн теңге.

#### **4 тарау бойынша қорытынды**

Шашыраңқы ағынның пайда болуын болдырмауға мүмкіндік беретін ағыс арнасына құрылымдық өзгерістер ұсынылды (Қазақстан Республикасының № 35140 патенті).

Қарағанды индустриялық университетінің өнеркәсіптік алаңының балқыту учаскесі негізінде қуаты 150 кВА электр доғалы пешті пайдалана отырып, бірқатар өнеркәсіптік эксперименттер жүргізілді. Конвертердің моделі үшін олар ұсақталған периклазокөміртекті отқа төзімді кірпіш пен сұйық әйнектің қоспасынан ішкі қаптпама жасалды. Полиуретанды көбік бөлу құрылғыларына еліктеу ретінде пайдаланылды. Оттегі конвертерінен болатты шығару процесін модельдеу жүргізілді. Ол үшін қуаты 150 кВА жартылай өнеркәсіптік электр доғалы пеште



08кп маркалы металл скрап балқытылды. Содан кейін сұйық болат дайындалған конвертер моделіне құйылып, сұйық болатты оттегі конвертерінен шығару процесін модельдеу жүргізілді. Айта кету керек, металл 1680°C температураға дейін қыздырылды, яғни процесс аздап қызып кетті (бұл сұйық болатты конвертер моделіне құю процесін ескеру үшін жасалды, өйткені техникалық себептерге байланысты болатты конвертер моделінде балқыту мүмкін болмады). Осылайша, бірнеше тәжірибелер сериясы жүргізілді, атап айтқанда: еліктейтін бөлу құрылғыларын қолданбай және оларды пайдалану. Metallургиялық қож сұйық болаттың оттегімен әрекеттесуі нәтижесінде пайда болды, сондықтан модельдеу кезінде қожға қосымша имитациялық құралдар қажет болмады. Сондай-ақ, оттегімен үрлеу қайталанбағанын атап өткен жөн, өйткені бұл қажет емес еді. Зерттеуге ұсынылған бөлу құрылғыларының оттегі конвертерінен сұйық болатты шығару процесінде металл емес қосындылардың түсу ықтималдығын азайту мүмкіндігі ғана зерттелді.

Айта кету керек, Конвертердің ыстық моделінде ғылыми эксперименттер жүргізу кезінде модельдеу кезінде ұқсастық принциптері сақталды:

- Геометриялық ұқсастық сақталды: конвертер моделі 1: 100 масштабтағы «АрселорМиттал Теміртау» АҚ металлургиялық конвертерінің дәл көшірмесі болып табылады.

- Уақытша ұқсастық та сақталды: масштабты коэффициентті ескере отырып, сондай-ақ нақты өнеркәсіптік конвертердің және оның макеттік моделінің қолда бар көлемін ескере отырып, болат шығару процесінің уақыт шеңберінің пропорциялары сақталды.

- Шығару процесін модельдеу кезінде металл балқытылып, сұйық болат қолданылды, осылайша физикалық ұқсастық ескерілді. Басқаша айтқанда, бұл жағдайда физикалық ұқсастық коэффициенті 1-ге тең, сондықтан эксперименттік модельдеу процесінің шарттары болатты нақты өндірісте конвертерден шығару процесіне ұқсас деп қабылдауға болады.

Келесі кезеңде «АМТ» АҚ базасында ұсынылатын бөлу құрылғысы сынақтан өткізілді, ұсынылатын бөлу құрылғысының тиімділігі дәлелденді және тұтастай алғанда металл емес қосындылар саны 1,3% - ға азаяды деген қорытынды жасауға болады.

Алынған нәтижелерді статистикалық өңдеу деректердің таралуында өрескел қателер жоқ екенін және қалыпты таралу заңына сәйкес келетінін көрсетті. Жүргізілген тәжірибелердің нәтижелері бойынша оттегі конвертерінен сұйық болат шығарылғаннан кейін металдағы металл емес қосындылар санының азаюына ұсынылған бөлу құрылғыларын пайдаланудың әсерін көрсететін регрессия теңдеуін табумен деректерге тәуелділік графигі салынды.  $R_2 = 0,9551$  жеткілікті жоғары детерминация коэффициенті бар регрессия теңдеуін алдық, ол ұсынылған бөлу құрылғыларын пайдаланудың конвертерден шығарылған кезде болаттағы металл емес қосындылардың айтарлықтай төмендеуіне статистикалық маңызды әсерін

көрсетеді. Алынған математикалық модельдің сәйкестігі Фишер критерийі бойынша анықталды.

Квалиметриялық бағалауды есептеу нәтижелері бойынша  $K = 0,693$  металлургиялық конвертердің ыстық моделінде жүргізілген тәжірибелер нәтижелері бойынша өнім сапасының түсіндірмелі кешенді көрсеткіші алынды, бұл қалау шкаласына сәйкес бірінші сұрыпты өнімге арналған стандарт талаптарына сәйкес келеді.

Металлографиялық зерттеулердің нәтижелері бөлу құрылғыларын пайдалану болат шығарылған кезде оның металл емес қосындыларының санын айтарлықтай төмендететінін көрсетті.

Әрі қарай, ұсынылған іс-шаралардың экономикалық тиімділігін есептеу жүргізілді, бұл ұсынылған бөлу құрылғылары орнатуға қосымша уақытты қажет ететініне қарамастан, жоғары қаржылық тұрақтылықты көрсетті. Ұсынылып отырған іс-шараларды енгізуден экономикалық тиімділік жылына 300 млн теңгені құрайды деп күтілуде.

## ҚОРЫТЫНДЫ

### Диссертациялық зерттеулердің нәтижелері бойынша қысқаша тұжырымдар.

Отандық металлургия өнеркәсібі Қазақстан Республикасының экономикасында елеулі рөл атқарады, сондай-ақ елдің мемлекеттік бюджетін қалыптастыру кезінде жетекші орындардың бірін алады. Осыған байланысты болат өнімдерінің сапасын қамтамасыз ету мәселелері өте өзекті болып табылады. Үнемі өсіп келе жатқан бәсекелестік жағдайында отандық металлургиялық кәсіпорындар өндіріс құнын төмендете отырып, өз өнімдерінің жоғары сапасын қамтамасыз ету жолдарын үздіксіз іздестіруде.

Атқарылған жұмыс негізінде келесі қорытындылар алынды:

1. Болат балқыту кезінде соңғы металдың тотығуына және металл емес қосындылардың металл өнімдерінің сапасына әсеріне талдау жасалды. Шығарылған кезде болатқа металл емес қосылыстардың түсуін азайту үшін қолданыстағы құрылғыларды әдеби-патенттік іздеу жүргізілді.

2. Ғылыми зерттеулер жүргізу және эксперименттерді іске асыру кезінде қолданылатын негізгі әдістемелер келтірілген: металлографиялық зерттеу әдістемесі; сапаның кешенді көрсеткішін таба отырып, алынған эксперименттік деректердің нәтижелері бойынша сапаны квалиметриялық бағалау әдістемесі, алынған есептік деректерге салыстырмалы талдау жүргізілетін қажеттілік шкаласы келтірілген; экономикалық тиімділікті бағалауға арналған қабылданған шешімдердің құрамдас бөлігі болатын қабылданған шешімдерді негіздеу үшін экономикалық тиімділікті есептеу әдістемесі келтірілген.

3. Қожды металдан бөлудің технологиялық негіздері жасалды және келесі техникалық шешімдер ұсынылды:

- ағыс саңылауының конструктивтік ерекшелігі, яғни конвертердің ағу саңылауы көлденең жазықтыққа 6-18 градус бұрышта болады (Қазақстан Республикасының патенті № 6354);

- шашыраңқы ағынның пайда болуын болдырмауға мүмкіндік беретін ағыс торабын реконструкциялау (Қазақстан Республикасының № 35140 патенті).

4. Жұмыс барысында ұсынылған болат балқымасынан металлургиялық қожды бөлуге арналған техникалық құрылғылардың функционалдық тиімділігін анықтауға бағытталған бірқатар эксперименттік тәжірибелер жүргізілді.

5. Жылдамдық режимі мен масштаб коэффициентін ескере отырып, оттегі конвертерінен сұйық болатты шығару процесін модельдеудің физикалық моделі құрылды. Жүргізілген тәжірибелердің нәтижелері бойынша регрессия теңдеуін таба отырып, деректерге тәуелділік графигі салынды, ол ұсынылған металлургиялық қожды бөлуге арналған құрылғыларды пайдаланудың оттегі конвертерінен сұйық болат шығарылғаннан кейін металдағы металл емес қосындылар санына қалай әсер ететінін көрсетеді.  $R_2 = 0,9552$  жеткілікті жоғары детерминация коэффициентімен

алынған регрессия теңдеуі конвертерден шығарылған кезде болаттағы металл емес қосындылардың азаюына ұсынылған бөлу құрылғыларын пайдалануды түсіндірудің статистикалық маңызды әсерін көрсетеді. Алынған математикалық модельдің сәйкестігі Фишер критерийі бойынша анықталды. Квалиметриялық бағалауды есептеу нәтижелері бойынша  $K = 0,693$  металлургиялық конвертердің ыстық моделінде жүргізілген тәжірибелер нәтижелері бойынша өнім сапасының түсіндірмелі кешенді көрсеткіші алынды, бұл қалау шкаласына сәйкес бірінші сұрыпты өнімге арналған стандарт талаптарына сәйкес келеді.

6. Ұсынылған бастапқы қожды бөлуге арналған қосымша құрылғының жұмыс принципі болаттың сапасын арттыратыны және ұсынылған қабылдау болатты шығару кезінде қождың аз түсуіне мүмкіндік беретін, бұл өз кезегінде металл емес қосындылардың үлесін 1,3% - ға азайтатыны дәлелденді және ұсынылған іс-шаралардың экономикалық тиімділігін есептеу жүргізілді, бұл ұсынылған бөлу құрылғылары орнатудың қосымша уақытын қажет ететініне қарамастан, жоғары қаржылық тұрақтылықты көрсетті. Ұсынылып отырған іс-шараларды енгізуден экономикалық тиімділік жылына 300 млн теңгені құрайды деп күтілуде.

Осылайша, салыстырмалы түрде аз қаржылық шығындармен металл емес қосындыларды азайту арқылы балқытылатын болаттың сапасын жақсартуға ықпал ететін техникалық шешімдер ұсынылды. Жүргізілген ғылыми зерттеулердің нәтижесінде жоғары детерминация коэффициенті бар статистикалық адекватты математикалық модель алынды, ол осы жұмыс барысында әзірлеген және ұсынған бөлу құрылғыларын пайдалану арқылы болат құю шөмішіне шығарылған кезде пайда болатын қождың айтарлықтай төмендеуін көрсетеді. Ұсынылған бөлу құрылғыларын пайдалану металл емес қосындыларды азайту арқылы болаттың сапасын жақсартады, бұл өз кезегінде болаттың химиялық құрамы бойынша сұрыпталуының төмендеуіне және жарамды өнімнің шығымдылығының артуына әкеледі. Сондай-ақ, экономикалық тиімділікті есептеу осы бөлу құрылғыларын өндіріске енгізуден айтарлықтай пайда күтілетінін көрсетті.

**Нәтижелерді нақты пайдалану бойынша ұсыныстар мен бастапқы деректер.** Диссертациялық жұмыста ұсынылған ғылыми зерттеулердің нәтижелері, атап айтқанда конвертерден шығару барысында металл мен қождың балқымаларын сепарациялауға арналған инновациялық құрылғыларды әзірлеу және сляб және блюм дайындамасына үздіксіз құюға арналған аралық шөміштің құю бөлімінде «АрселорМиттал Теміртау» АҚ-ға енгізу үшін ұсынылды (А қосымшасы) және оқу үрдісінде де маңызы зор (Ә қосымшасы). Жұмыстың практикалық құндылығы болатқа металл емес қосындылардың үлесін төмендетуге ықпал ететін металл және қож балқымаларын бөлуге арналған инновациялық құрылғыларда жатыр, бұл өнертабысқа ҚР бес патентін, Еуразиялық патенттік ведомствода өнертабысқа екі патентті алумен расталады (Б қосымшасы).

**Осы саладағы үздік жетістіктермен салыстырғанда орындалған жұмыстың ғылыми деңгейін бағалау.**

Осы саладағы үздік жетістіктермен салыстырғанда орындалған жұмыстың ғылыми деңгейін бағалау «Балқымаларды бөлуге арналған құрылғы», «Болатты балқыту тәсілі" және материалдарды болат – шөмішке беруге және металды тазартуға арналған ілеспе жабдықтар тақырыбы бойынша патенттік-ақпараттық іздеу негізінде жүргізілді. Жіктеу индексін таңдау және іздеу тереңдігі тақырыпқа сәйкес келетін 10 жылдан астам уақыт ақпараттық материалдарды іздеудің сенімділігі мен сенімділігін қамтамасыз етті. Жүргізілген талдау нәтижелері бойынша және диссертацияда ұсынылған жұмыстың ғылыми деңгейі жаңашылдыққа ие және минералды шикізатты кешенді өңдеу технологиясының әлемдік техникалық көрсеткіштері мен даму тенденцияларына сәйкес келеді деген қорытынды жасауға болады.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 «Қазақстан Республикасының индустриялық-инновациялық дамытудың 2020 – 2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасын бекіту туралы» Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2019 жылғы 31 желтоқсандағы № 1050 Қаулысымен бекітілген // <https://adilet.zan.kz/kaz>. 31.12.2019
- 2 Губенко С. И. Неметаллические включения и прочность сталей. Физические основы прочности сталей. Германия, Саарбрюкен (Saarbrücken): LAP LAMBERT. – 2015.-468 с.
- 3 Симонов Ю.Н., Белова С.А., Симонов М.Ю. Металлургические технологии. - Пермь: ПНИПУ, 2012. – 322 с.
- 4 Воскобойников В. Г. Общая металлургия. Учебник для вузов/Воскобойников ВГ, Кудрин ВА, Якушев АМ—6-изд., перераб. и доп //М.: ИКЦ Академкнига. – 2005. – Т. 768 с.
- 5 **Zhaslan R. K.** et al. Improvement of methods for semi-finished carbon product tapping from the basic oxygen furnace (BOF) //Metalurgija. – 2022. – Т. 61. – №. 1. – С. 203-205.
- 6 Жаутиков Ф.Б., Романов В.И., Жаутиков Б.А., Бабенко А.А., **Жаслан Р.Қ.** Опыт раскисления углеродистого полупродукта с ограниченным использованием ферросплавов. Журнал «Промышленность Казахстана», г. Алматы. №3 (107) 2019. С.52-53.
- 7 Бигеев А. М. Металлургия стали. Учебник для вузов.-2-е изд., перераб. и доп //М.: Металлургия.–1988.–480 с.
- 8 Кудрин В.А. Металлургия стали. - Учебник для вузов. 2-е издание, перераб. и доп. М.: Металлургия, 1989. – 560 с.
- 9 Дюдкин Д.А., Кисиленко В.В. Производство стали. – М.: Теплотехник, 2008. – 544 с.
- 10 Стефанович С. В., Пиц В. М. Неметаллические включения в сталях марок 80 и 42Cr4Mo2 //Литьё и металлургия. – 2009. – №. 2 (51). – С. 153-158.
- 11 ГОСТ 1778. Сталь. Металлографические методы определения неметаллических включений. М.: Изд-во стандартов, 1970. – 31 с.
- 12 Walker R. D. Fundamentals of Steelmaking //Materials and Design. – 1996. – Т. 1. – №. 17. – С. 56-57.
- 13 Поволоцкий, Д.Я. Физико-химические основы процессов производства стали: Учебное пособие для вузов / Д.Я. Поволоцкий. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 183 с.
- 14 Ботников, С.А. Совершенствование мониторинга и контроля сквозной технологии производства рулонного и листового проката в ЛПК / Д.В. Моров, С.А. Ботников, В.А. Ерыгин // Сталь. – 2017. – № 7. – С. 15-20.
- 15 Ботников, С.А. Совершенствование технологии производства рулонного и листового проката в ЛПК ВМЗ / Д.В. Моров, С.А. Ботников, В.А.

Ерыгин // *Металлург.* – 2018. – № 1. – С.55-62.

16 Обработка стали кальцием: Материалы международного симпозиума по обработке стали кальцием / Пер. с англ.: под ред. и с предисловием Б.И. Медовара. – Киев: ИЭС им. Е.О. Патона АН УССР, 1989. – 216 с.

17 Gaye, H. Slag and Inclusion Control in Secondary Steelmaking / H. Gaye, C. Getellir, M. Nadif // *Clean Steel.* – Balatonfured: Hungary. – 1986.

18 Maers, R. Application of Celox hoods in steel making / R. Maers, 2000.

19 Дюдкин, Д.А. Внепечная обработка расплава порошковыми проволоками / Д.А. Дюдкин, С.Ю. Бать, С.Е. Гринберг и др. – Донецк: ООО «Юго-Восток», 2002. – 296 с.

20 Дюдкин, Д.А. Новые технологические решения при внепечной обработке расплавов порошковыми проволоками / Д.А. Дюдкин, В.П. Онщук, С.Ю. Бать // *Сталь.* – 2002. – № 8. – С. 31-33.

21 Dressel, G.L. High carbon silicon-killed steels nozzle clogging / G.L. Dressel // *Iron and Steelmaking.* – 2003. – № 12. – P. 26-29.

22 Fuhr, F. Relationship between nozzle deposits and inclusions composition in the continuous casting of steels / F Fuhr, C. Cicutti, G. Walter // *Iron and Steelmaking.* – 2003. – № 12. – P. 53-58.

23 Wännenberg, K. Study on Clean Steel: State of the Art and Process Technology in Clean Steelmaking / K.Wännenberg. – Brussels: ISI. 2004. – 504 p.

24 Производство стальных отливок: Учебник для вузов / Козлов Л.Я., Колокольцев В.М., Вдовин К.Н. и др./ Под ред. Л.Я. Козлова. – М.:МИСИС, 2003. – 352 с.

25 Морозова, И// Современные проблемы металлургии, машиностроения и материалобработки / И. Морозова, М. Наумова // 2018. – 52 с.

26 Plocringer, E. – *Iron and Steel Inst.* – 2019. – Vol. 201. – № 7. – 576 p.

27 Emi T. Improving steelmaking and steel properties, *Fundamentals of Metallurgy* / T. Emi. – Ed. S. Seetharaman, Woodhead Publishing, Cambridge, UK, Inst. Of Mater., Minerals & Mining. – 2005. – P. 503-554.

28 Куклев, А.В. Практика непрерывной разливки стали / А.В. Куклев., А.В. Лейтс. – М.: *Металлургиздат*, 2011. – 432 с.

29 Лейтес, А.В. Защита стали в процессе непрерывной разливки / А.В. Лейтес. – М.: *Металлургия*, 1984. - 200 с.

30 Демеи Е.Н. Возможность удаления неметаллических включений из расплава при помощи пенокерамических фильтров. *Сталь.* 2005. №7. - С.43-44.

31 Горенкова Т.В., Федоров Р.И., Акулов В.В. и др. Оптимизация условий разливки на криволинейной МНЛЗ, оборудованной сегментами ASTC для получения бездефектного сляба из низкокремнистых сталей. *Сталь.* 2007. №5. С. 40-42.

32 Ларионов А.А., Климанчук В.В., Горниниг О.А и др. Снижение уровня загрязненности проката из непрерывнолитой заготовки и контроль химического

состава оксидных неметаллических включений. Сталь. 2007. №5. – С.40-42.

33 Касьян Г.Н., Кодак А.В. Влияние окислительно-восстановительного потенциала футеровки сталеразливочных ковшей на стабильность процесса непрерывной разливки стали и на качество производимой металлопродукции. Сталь. 2007. №5.- С. 4-6.

34 Ларин А.В., Пробоотборник LSHR для определения общего содержания кислорода в стали при непрерывной разливке. ОАО «Черметинформация», Новости черной металлургии за рубежом. 2007. №2. - С. 46-49.

35 Петра Ш., Гживоу У. и др. Новая система раннего обнаружения шлака на МНЛЗ. Черные металлы. 2004. Май. -С. 36-42.

36 Куклев А.В., Тиняков В.В, Айзин Ю.И. и др. Эффективность рафинирования стали в промежуточном ковше с перегородками. Металлург. 2004. №8. - С. 43-44.

37 Синельников В.А., Генкин В.Я., Лейтес А.В. О типах МНЛЗ и качестве непрерывнолитых слябов для производства проката особо ответственного назначения. Металлург. 2005. №10. - С. 53-57.

38 Кан Ю.Е. Управление качеством непрерывнолитых заготовок. Сталь. 1991. №1. - С. 27-28.

39 Сычков А.Б., Жигарев М.А., Перчаткин А.В. и др. Трансформация дефектов непрерывнолитой заготовки в поверхностные дефекты проката. Металлург. 2006. №2. - С. 60-64.

40 Исаев О.Б. Влияние нестационарных режимов непрерывной разливки стали на качество заготовки и листового проката. Металлург. 2004. №8. с. 39-42.

41 Паршин В.М., Чертов А.Д. Управление качеством непрерывнолитой заготовки. Сталь. 2005. №1. - С. 20-29.

42 Носоченко О.В., Рахов Ю.Н., Дюдкин Д.А. и др. Освоение МНЛЗ в конверторном цехе завода «Азовсталь». Сталь. 1980. №4. - С. 279-281.

43 Зависимость содержания неметаллических включений в стали от состава шлака на установке «печь-ковш». Власов М.А., Шешуков О.Ю. Метелкин А.А., Чиглинцев А.В., Шевченко О.И., Елин В.Ю. Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. №2 (29). 2019. - С. 19-22.

44 Металлургия стали. Теория и технология плавки стали: учебник для вузов / Бигеев А.М., Бигеев В.А. Магнитогорск: МГТУ, 2000. - С.134-135.

45 Пат. 4399986. Соединенные Штаты Америки, Приспособление для закрывания леточного отверстия сталеплавильного агрегата / Collins William J.; опубл. 23.08.1983. Бюл. №6. – 9 с.

46 Пат. 1947. РК. Устройство для закрывания выпускного отверстия конвертера / Б.М. Боранбаева, М.К. Ибатов, Ф.Б. Жаутиков, В.И. Романов и др.; опубл. 30.12.2016, Бюл. №18. – 5 с.

47 Пат. 5044610 США. Соединенные Штаты Америки. Способ предотвращения попадания шлака в струю металла, вытекающего из ковша



(резервуара) / Koffron Robert J.; опубл. 03.09.91. Бюл. №8. – 5 с.

48 Жаутиков Б.А., Романов В.И., Жаутиков Ф.Б., **Жаслан Р.К.** и др. Устройство для транспортировки материалов // Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета имени Д. Серикбаев, г. Усть-Каменогорск, №4 2019. С. 97-99.

49 Жаутиков Б.А., Жаутиков Ф.Б., Романов Р.И., **Жаслан Р.К.** Опыт оптимизации шлакового режима в конвертере и снижение доли оксидных неметаллических включений в стали // Вестник Семипалатинского государственного университета имени Шакарима. - Семей, 2020. - №2. - С.112-115.

50 Пат. 038619. Евразийский. Способ выпуска металла из конвертера / Б. А.Жаутиков, В. И. Романов, А. А. Айкеева, Ф.Б. Жаутиков, А. А. Аменова, Р. К. Жаслан; опубл. 03.11.21. – 3 с.

51 Пат. 2228500. РФ. Заглушка для летки сталеплавильной печи / Парчес Уинни; опубл. 05.10.2004 г. – 5 с.

52 Целиков А.И., Полухин П.И., Гребеник М.В. и др. /Машины и агрегаты металлургических заводов // Том 2, М: Металлургия, 1988, - 155 с.

53 Пат. 34480 РК. Узел блокировки устройства для разделения расплавов. Б. А. Жаутиков, В. И. Романов, А. А. Айкеева, Ф.Б. Жаутиков, А. А. Аменова, **Р. К. Жаслан**; опубл. 30.07.2020. Бюл. №30. – 4 с.

54 Жаутиков Б.А., Романов В.И., Жаутиков Ф.Б., **Жаслан Р.К.** Узел блокировки устройства для разделения расплавов // «Повышение качества образования, современные инновации в науке и производстве: матер. междунар. науч.-практ. конф., посвященная 80-летию основателя ЕИТИ имени академика К. Сатпаева д.ф-м.н. академика АПН Казахстана Марденова М.П. - г. Екибастуз, 15-16 мая 2020 года.- С.31-33.

55 А.с. 330196. СССР. Устройство для закрывания сталевыпускного отверстия конвертера / С. В. Колпаков, А. М. Поживанов, С. М. Губенко, Ю. Е. Горбенко; опубл 24.11.1972, Бюл. №8. – 2 с.

56 Пат. 24012 РК. Устройство для закрывания выпускного отверстия. В.И. Романов, В.И. Яблонский; опубл. 16.05.2011. Бюл. №5. – 5 с.

57 Пат. 4877221 США. Прибор для развальцовывания огнеупорной пробки в летке металлургического агрегата / Scriven Rick R; опубл. 31.10.1989г.- 13 с.

58 Пат. 48261339 США / Стопор для леточного отверстия и способ его установки. Kawamukai; опубл. 02.05.1989г. – 5 с.

59 Пат. 31235. Р.К. Устройство для разделения расплавов / Нурумгалиев А.Х., Панин Е.А., Ахметова Г.Е. и др.; опубл. 15.06.2016. Бюл. №6. – 4 с.

60 Пат. 038619. Евразийский. Устройство для разделения расплавов / Б. А.Жаутиков, В. И. Романов, А. А. Айкеева, Ф.Б. Жаутиков, А. А. Аменова, **Р. К. Жаслан**; опубл. 23.09.21. – 3 с.

61 Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман // Учеб. пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1977. – 479 с.

- 62 Смирнов, Н.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений / Н.В. Смирнов, И.В. Дунин-Барковский. – М.: Наука, 1969. – 512 с.
- 63 ГОСТ Р ИСО 4967-2015 Сталь. Определение содержания неметаллических включений. Металлографический метод с использованием эталонных шкал. – Взамен ГОСТ Р ИСО 4967-2009; введ. 01.08.2016. – М.: Издво стандартов, 2016. – 40 с.
- 64 Мигачев, Б.А. Элементы квалиметрии для технических приложений / Б.А. Мигачев, А.Б. Найзабеков. – Алматы: РИК по учебной и методической литературе, 2001. – 125 с.
- 65 Найзабеков, А.Б. Квалиметрическая оценка качества металлургической продукции / А.Б. Найзабеков, В.А. Талмазан, И.Ю. Евтушенко [и др.] // Труды V Международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс в металлургии». – Темиртау: КГИУ, 2009. – С. 417-428.
- 66 Банный Н.П., Федотов А.А., Ширяев П.А. Экономика черной металлургии. –М.: Металлургия, 1975. –472 с.
- 67 Смирнова Я.В., Пельмская И.С. Экономика и управление на металлургическом предприятии. Екатеринбург: УрФУ, 2019. – 61 с.
- 68 Технология и расчет плавки стали в кислородных конвертерах. Новотроицк: НИТУ МИСиС, 2011. 40 с.
- 69 Абротис Х., Юлиус Э. Исследование захвата шлака металлом при выпуске из конвертера // Черные металлы. - 1988. - № 12. - С. 25 - 30.
- 70 Еронец С.П., Быковских С.В. Физическое моделирование процессов внепечной обработки и разлива стали. - К.: Техника, 1998. - 136 с.
- 71 Богушевский В. С., Скачок А. Э. Прогнозирование выхода жидкой стали в конвертере // Металл и литье Украины. – 2013. - С. 8-112.
- 72 Завельский М. Г. Оптимальное планирование на предприятии. – М.: Наука, 1970. – 396 с.
- 73 Богушевский В.С. Математические модели и системы управления конвертерной плавкой / В. С. Богушевский, Л. Ф. Литвинов, Н. А. Рюмшин, В. В. Сорокин. – Киев: Киевский институт автоматики, 1998. – 304 с.
- 74 Политехнический словарь, с. 541. Советская энциклопедия, М., 1977г., - 608 с.
- 75 А.с. 872920. СССР. Леточный узел плавильной печи / В.Я. Капелянов; опубл. 15.10.1981, Бюл. №38. – 4 с.
- 76 А.с. 872933. СССР. Способ реставрации леточного блока / В.Я. Капелянов, А.Н. Овчарук и др.; опубл. 15.10.1981, Бюл. №38. – 5 с.
- 77 А.с. 520405. СССР. Устройство для выплавки стали / А.К.Яценко; опубл. 05.06.1976, Бюл.№25. – 2 с.
- 78 Пат. 6354 РК. Конвертер / Б. А. Жаутиков, В. И. Романов, А.А. Айкеева, Ф.Б. Жаутиков, К. А. Ногаев, Р. Қ. Жаслан; опубл. 27.08.2021, Бюл.

№34 – 4 с.

79 Пат. 35140 РК. Леточный узел сталеплавильного агрегата / Б. А. Жаутиков, В. И. Романов, А.А. Айкеева, Ф.Б. Жаутиков, К. А. Ногаев, **Р. Қ. Жаслан**; опубл. 18.06.2021, Бюл. №24 – 4 с.

80 А.с. 808197. СССР. Устройство для защиты струи металла / В. С. Живченко, Н.Ф. Парахин, И.И. Борнацкий и другие; опубл. 28.02.1981, Бюл.№8. – 3 с.

81 Пат. 2391179 РФ. Способ защита струй металла при разливке / А. С. Дегай, М.В. Зуев, В. Д. Осетров; опубл. 10.06.2010, Бюл.№12. – 8 с.

82 Пат. 2247625 РФ. Способ воздействия на химсостав жидкой стали перед и в процессе непрерывной разливки и противоворонкообразующее устройство для воздействия на химсостав жидкой стали перед и в процессе непрерывной разливки / Э. А. Шумахер, В.Н. Хлопонин, И.В. Зинковский и другие; опубл. 10.03.2005, Бюл.№11. – 11 с.

83 Талмазан, В.А. Планирование эксперимента. / В.А. Талмазан. – Алматы: РИК по учебной и методической литературе, 1992. – 68 с.

84 Мигачев, Б.А. Планирование и реализация эксперимента / Б.А. Мигачев, А.Б. Найзабеков. – Алматы: РИК по учебной и методической литературе, 2006. – 132 с.

85 Чижиков, Ю.М. Теория подобия и моделирования процессов металлургического производства / ЮМ. Чижиков. – М.: Металлургия, 1970. – 296 с.

86 Жунусов А.К. Технологические расчеты оборудования металлургических цехов. Павлодар: Кереку, 2016. - 128 с.

## ҚОСЫМША А

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе и международным связям НАО «Карагандинский индустриальный университет»

 Н.Н. Сапарходжаев  
«18» 11 2022 г.



УТВЕРЖДАЮ:

Начальник Центра аналитического контроля СТИС АО «АрселорМиттал Темиртау»

 А.В. Губа  
«18» 11 2022 г.



### АКТ технической экспертизы

Качество стали зависит от содержания вредных примесей, что, в свою очередь, требует разработки новых или совершенствования существующих технологий.


Карагандинским индустриальным университетом рекомендованы технические решения двухстадийного сталеплавильного передела, направленные на снижение доли неметаллических включений в стали. В научной работе исследовались низкоуглеродистые марки стали, выплавляемые в конвертерном цехе АО «АрселорМиттал Темиртау». Результаты данной научной работы направлены на достижение высоких технико-экономических показателей выплавки стали в условиях АО «АрселорМиттал Темиртау».

Рекомендованные университетом технические решения сводятся к следующим основным аспектам:

- 1) конструктивная особенность выпускного отверстия, т.е. леточный канал конвертера находится под углом 6-18 градусов к горизонтальной плоскости (патент Республики Казахстан № 6354);
- 2) применение «ложного» порога на внутренней поверхности горловины конвертера для снижения эффекта эжекции (Евразийский патент № 038902);
- 3) использование блокирующего узла для отсечки сталеплавильного шлака в процессе выпуска, позволяющее повысить стойкость футеровки выпускного отверстия (патент Республики Казахстан № 34480);
- 4) реконструкция леточного узла, позволяющего исключить образование закристаллизовавшегося раструба и распыленной струи (патент Республики Казахстан № 35140);
- 5) использование специального устройства для разделения металла и шлака в промежуточном ковше (Евразийский патент № 038619).

Результаты, полученные в лабораторных условиях, показывают, что предложенные учеными Карагандинского индустриального университета технические решения в действительности оказывают снижающий эффект на количество неметаллических включений, переходящих из шлака, тем самым повышая качество стали.

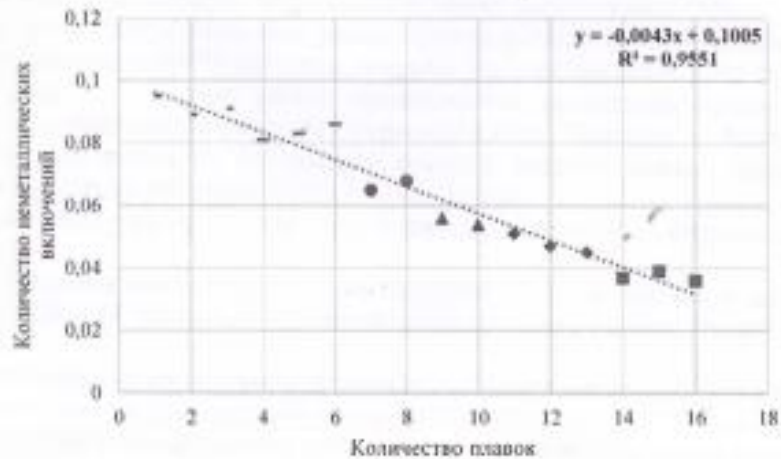
Таблица – Микроструктура образцов и количество неметаллических включений

| №  | Микроструктура (×100) и неметаллические включения Q·10 <sup>-3</sup>                |   |   |  |   |   |
|----|---|---|---|--|---|---|
|    | Традиционный способ   | Способ 1  | Способ 2  | Способ 3   | Способ 4  | Способ 5  |
| 1  |  |  |  |  |  |  |
| 1. | 0,095   | 0,085   | 0,064   | 0,053  | 0,047   | 0,035   |
| 2. | 0,089   | 0,081   | 0,067   | 0,055  | 0,052   | 0,037   |
| 3. | 0,091   | 0,083   | 0,065   | 0,057  | 0,049   | 0,038   |
| 4. | 0,096   | 0,086   | 0,068   | 0,052  | 0,048   | 0,036   |
| 5. | 0,093   | 0,084   | 0,067   | 0,056  | 0,051   | 0,037   |
| 6. | 0,094   | 0,082   | 0,065   | 0,054  | 0,047   | 0,036   |

Продолжение таблицы

| 1                | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 7.               | 0,097 | 0,085 | 0,068 | 0,058 | 0,045 | 0,035 |
| 8.               | 0,090 | 0,083 | 0,064 | 0,057 | 0,049 | 0,037 |
| 9.               | 0,088 | 0,081 | 0,063 | 0,053 | 0,047 | 0,039 |
| 10.              | 0,090 | 0,080 | 0,065 | 0,055 | 0,046 | 0,036 |
| Среднее значение |       |       |       |       |       |       |
|                  | 0,092 | 0,083 | 0,066 | 0,055 | 0,048 | 0,037 |

С применением корреляционно-регрессионного анализа получена математическая модель с высоким коэффициентом детерминации  $R^2 = 0,95$ , устанавливающая стабильную связь уменьшения неметаллических включений в стали от применения соответствующих технических мероприятий, рекомендованных учеными университета. Математический расчет производился в полном соответствии с методикой и эмпирическими данными уравнения Вачера-Гамельтона.



- Тр. сп. – традиционный способ; ■ Сп.1 – патент Республики Казахстан № 6354;
- Сп.2 – Евразийский патент № 038902; ▲ Сп.3 – патент Республики Казахстан № 34480;
- ◆ Сп.4 – патент Республики Казахстан № 35140; ■ Сп.5 – Евразийский патент № 038619.

Полученные результаты с достаточной степенью вероятности коррелируют с известными данными, полученными в опытно-промышленных условиях и могут быть предложены к использованию в применяемых технологиях.

СОГЛАСОВАНО:

Представители от НАО «Карагандинский  
индустриальный университет»


Представитель от АО «АрселорМиттал  
Темиртау»

Заведующий кафедрой «Металлургия и  
материаловедение»

Заместитель начальника конвертерного  
цеха по технологии и непрерывному  
улучшению

 А.С. Ержанов

 Д.С. Степкин

Исполнитель, докторант  
 Р.К. Жаслан

## ҚОСЫМША Ә

### ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

#### «ҚАРАҒАНДЫ ИНДУСТРИЯЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ» КеАҚ



БЕКІТЕМІН

Ғылым тармағы мүшесі -  
академиялық мәселелер  
жөніндегі проректор

Г.А. Сивякова

09 2022ж.

#### Оқу процесіне ғылыми-зерттеу жұмысының нәтижелерін енгізу туралы АКТ

«Қарағанды индустриялық университеті» КеАҚ оқу-әдістемелік кеңесінің төрайымы Г.А. Сивякова, оқу-әдістемелік кеңесінің төрайымы орынбасары Е.М. Харченко, «Металлургия және машина жасау» факультетінің деканы Г.Г. Жабдылова, «Металлургия және материалтану» кафедрасының меңгерушісі А.С. Ержанов, «Металлургия және материалтану» кафедрасының оқытушылары мен профессорлары: А.Х. Нурумғалиев, Д.К. Мусин, С.А. Смаилов, И.А. Пикалова және «Технологиялық машина және көлік» кафедрасының доценті В.И. Романовтың қатысуымен осы акт жасалынды.

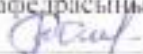
2022-2023 оқу жылы «Металлургия және материалтану» кафедрасының 610070900 – «Металлургия» мамандығының докторанты Р.Қ. Жасланның «Темір-көміртекті негіздегі инновациялық технологияларды пайдалана отырып, металл өнімдерінің балқытылу технологиясын жетілдіру және сапасын арттыру» тақырыбындағы диссертациялық жұмысы барысында орындалған зерттеу нәтижелері бакалавриат және магистратураның келесідей білім беру бағдарламалары бойынша оқу процесіне енгізілді:

| № | Білім беру бағдарламалары                           | Пән атауы   |
|---|---|---|
| 1 | 6В07202 – «Қара металлдар металлургиясы»            | Болат балқытудың теориясы мен технологиясы                              |
|   |   | Электр болат және феррокорытпалар өндірісінің теориясы мен технологиясы |
| 2 | 6В07206 – «Қара металлдар металлургиясы»            | Болат балқытудың теориясы мен технологиясы                              |
|   |   | Электр болат және феррокорытпалар өндірісінің теориясы мен технологиясы |
| 3 | 7М07203 – «Қара және түсті металлдар металлургиясы» | Металлургиядағы инновациялық технологиялар                              |

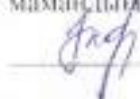
Актіге қоса берілді:  
Кафедра отырысының « 19 » 09 2022ж. № 2 хаттамасынан үзінді;

Осы уақытқа дейін материал университеттің ООК отырысында қаралды  
(№ 1 хаттама « 23 » 09 2022ж.)

Ғылыми кеңесші:  
«Технологиялық машина және көлік»  
кафедрасының доценті, т.ғ.к.

 В.И. Романов

Докторант:  
6D070900 – «Металлургия»  
мамандығының докторанты

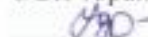
 Р.К. Жаслан

Ақт қабылдады:

ОӘК төрайымы, Басқарма мүшесі-  
академиялық мәселелер жөніндегі проректор,  
доцент, т.ғ.к.

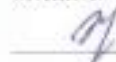
 Г.А. Сивякова

ОӘК төрайымы орынбасары, PhD

 Е.М. Харченко

ОӘК мүшелері:


«МжМ» факультетінің деканы, доцент, т.ғ.к.

 Т.Г. Жабалова

«МжМ» кафедрасының меңгерушісі, PhD

 А.С. Ержанов


«Металлургия және материалтану»  
кафедрасының профессоры, т.ғ.д.

 А.Х. Нурумғалиев


«МжМ» кафедрасының доценті, т.ғ.к.

 Мүсин Д.К.

«МжМ» кафедрасының доценті, т.ғ.к.

 С.А. Смаилов

«МжМ» кафедрасының аға оқытушысы, т.ғ.м.

 И.А. Пикалова

Г.А. Сивякова  
Е.М. Харченко  
Т.Г. Жабалова  
А.С. Ержанов  
А.Х. Нурумғалиев  
Д.К. Мүсин  
С.А. Смаилов  
И.А. Пикалова  
В.И. Романов  
Т.Г. Жасланның қолдарын растаймын:

Ғылыми кенес хатшысы, э.ғ.к.



О.В. Сивяева

## ҚОСЫМША Б



ЕВРАЗИЙСКАЯ ПАТЕНТНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
ЕВРАЗИЙСКОЕ ПАТЕНТНОЕ ВЕДОМСТВО

ЕВРАЗИЙСКИЙ ПАТЕНТ



**ЕВРАЗИЙСКИЙ ПАТЕНТ**

№ 038619

Название изобретения:

«УСТРОЙСТВО ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ РАСПЛАВОВ»

Патентовладелец (льцы):

РЕСПУБЛИКАНСКОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ НА  
ПРАВЕ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ВЕДЕНИЯ МИНИСТЕРСТВА  
ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
"КАРАГАНДИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ" (KZ)

Изобретатель (и):

Жаутиков Бахыт Ахатович, Романов Виктор Иванович, Айкеева Алтын  
Аманжоловна, Жаутиков Фархад Бахытович, Аменова Алия Алихановна,  
Жаслан Рымгул Куатқызы (KZ)

|                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| Заявка №:            | 201900314           |
| Дата подачи заявки:  | 04 февраля 2019 г.  |
| Дата выдачи патента: | 23 сентября 2021 г. |

Настоящим удостоверяется, что евразийский патент выдан на изобретение с формулой, опубликованной в Бюллетене Евразийского патентного ведомства «Изобретения (евразийские заявки и патенты)» № 9 / 2021 год.

При уплате установленных годовых пошлин патент действует на территории государства - участников Евразийской патентной конвенции - Азербайджанской Республики, Кыргызской Республики, Республики Армения, Республики Беларусь, Республики Казахстан, Республики Таджикистан, Российской Федерации, Туркменистана.

**ТЛЕВЛЕСОВА Сауле Январбековна**  
Президент Евразийского патентного ведомства







ЕВРАЗИЙСКАЯ ПАТЕНТНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
ЕВРАЗИЙСКОЕ ПАТЕНТНОЕ ВЕДОМСТВО

ЕВРАЗИЙСКИЙ ПАТЕНТ



**ЕВРАЗИЙСКИЙ ПАТЕНТ**

№ 038902

Название изобретения:

«СПОСОБ ВЫПУСКА МЕТАЛЛА ИЗ КОНВЕРТЕРА»

Патентовладелец (лицы):

РЕСПУБЛИКАНСКОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ НА  
ПРАВЕ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ВЕДЕНИЯ МИНИСТЕРСТВА  
ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
"КАРАГАНДИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ" (KZ)

Изобретатель (и):

Жаутиков Бахыт Ахатович, Романов Виктор Иванович, Айкеева Алтын  
Аманжоловна, Жаутиков Фархад Бахытович, Аменова Алия Алихановна,  
Жаслан Рымгул Куаткызы (KZ)

|                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| Заявка №:            | 201900315          |
| Дата подачи заявки:  | 04 февраля 2019 г. |
| Дата выдачи патента: | 03 ноября 2021 г.  |

Настоящим удостоверяется, что евразийский патент выдан на изобретение с формулой, опубликованной в Бюллетене Евразийского патентного ведомства «Изобретения (евразийские заявки и патенты)» № 11 / 2021 год.

При уплате установленных годовых пошлин патент действует на территории государств - участников Евразийской патентной конвенции - Азербайджанской Республики, Кыргызской Республики, Республики Армения, Республики Беларусь, Республики Казахстан, Республики Таджикистан, Российской Федерации, Туркменистана.

**ТЛЕВЛЕСОВА Сауле Январбековна**  
Президент Евразийского патентного ведомства



КАЗАКСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ПАТЕНТ  
PATENT**

№ **6354**

**ПАЙДАЛЫ МОДЕЛЬГЕ / НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ / FOR UTILITY MODEL**



(21) 2021/0640.2

(22) 04.06.2020

(45) 27.08.2021

(54) Конвертер  
Конвертер  
Converter

(73) «Қарағанды индустриялық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы (KZ)  
Некоммерческое акционерное общество «Қарағандинский индустриальный университет» (KZ)  
«Karaganda Industrial University» Non-Commercial Joint-Stock Company (KZ)

|                                   |                                    |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| (72) Жаутиков Бахыт Ахатович (KZ) | Zhautikov Bakhyt Akhatovich (KZ)   |
| Романов Виктор Иванович (KZ)      | Romanov Viktor Ivanovich (KZ)      |
| Айкеева Алтын Аманжоловна (KZ)    | Aikeyeva Altyn Amanzholovna (KZ)   |
| Жаутиков Фархат Бахытович (KZ)    | Zhautikov Farkhat Bakhytovich (KZ) |
| Жаслан Рымгүл Қуатқызы (KZ)       | Zhaslan Rymgul Kuatkyzy (KZ)       |



ЭЦҚ қол қойылды  
Подписано ЭЦП  
Signed with EDS

Е. Оспанов  
E. Ospanov  
Y. Ospanov

«Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМҚ директоры  
Директор РПТ «Национальный институт интеллектуальной собственности»  
Director of the «National Institute of Intellectual Property» RSE

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ПАТЕНТ  
PATENT

№ 35140

ӨНЕРТАБЫСҚА / НА ИЗОБРЕТЕНИЕ / FOR INVENTION



(21) 2020/0183.1

(22) 16.03.2020

(45) 18.06.2021

(54) Бонат бөлшегі агрегатының саңылауы торабы  
Леточный узел сталеплавильного агрегата  
The band assembly of a steelmaking unit

(73) Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің «Қарағанды мемлекеттік индустриялық университеті» шаруашылық жүргізу құрылымындағы республикалық мемлекеттік кәсіпорны (KZ)  
Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Қарағандық мемлекеттік индустриялық университеті» Республикалық мемлекеттік кәсіпорны (KZ)  
«Karaganda State Industrial University» Republican State Enterprise on the Right of Economic Management of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (KZ)

(72) Жаутиков Бахыт Ахатович (KZ) Zhautikov Bakhyt Akhatovich (KZ)  
Романов Виктор Иванович (KZ) Romanov Viktor Ivanovich (KZ)  
Айкеева Алтын Аманжоловна (KZ) Aikkeyeva Altyan Amanzholovna (KZ)  
Жаутиков Фархат Бахытович (KZ) Zhautikov Farkhat Bakhytovich (KZ)  
Ногаяев Кайрош Абилович (KZ) Nogayev Kairosh Abilovich (KZ)  
Жаслан Рымғұл Қуатқызы (KZ) Zhaslan Rymgul Kuatkyzy (KZ)



ЭЦК қол қойылды  
Подписано ЭЦП  
Signed with EDS

Е. Оспанов  
E. Ospanov  
Y. Ospanov

«Ұлттық интеллекттік меншік институты» РМК директоры  
Директор РПТ «Национальный институт интеллектуальной собственности»  
Director of the «National Institute of Intellectual Property» RSE

КАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ПАТЕНТ  
PATENT

№ 34480

ӨНЕРТАБЫСҚА / НА ИЗОБРЕТЕНИЕ / FOR INVENTION



(21) 2019/0068.1

(22) 29.01.2019

(45) 30.07.2020

(54) Батылмаларды бөлуге арналған құрылғының бұғаттау түйіні  
Узел блокировки устройства для разделения расплава  
Lock unit of the melt separation device

(73) Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің «Қарағанды мемлекеттік индустриялық университеті» шаруашылық жүргізу құқығындағы республикалық мемлекеттік кәсіпорыны (KZ)  
Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Карагандинский государственный индустриальный университет» Министерства образования и науки Республики Казахстан (KZ)  
«Karaganda State Industrial University» Republican State Enterprise on the Right of Economic Management of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (KZ)

(72) Жаутиков Бақыт Ахатович (KZ)  
Романов Виктор Иванович (KZ)  
Айкеева Алтын Аманжоловна (KZ)  
Жаутиков Фархат Бақытович (KZ)  
Аменова Алия Аліхановна (KZ)  
Жаслан Рынгүл Қуанқызы (KZ)

Zhautikov Bakhyt Akhatovich (KZ)  
Romanov Viktor Ivanovich (KZ)  
Aikeeva Altyn Amanzholovna (KZ)  
Zhautikov Farkhat Bakhtovich (KZ)  
Amenova Aliya Alikhanovna (KZ)  
Zhaslan Ryngul Kuantkyzy (KZ)



ЭЦҚ қол қойылды  
Подписано ЭЦП  
Signed with EDS

Е. Қуантыров  
Е. Кuantyrov  
Y. Kuantyrov

«Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМК директоры  
Директор РІПІ «Национальный институт интеллектуальной собственности»  
Director of the «National Institute of Intellectual Property» RSE