

## **ӘБДІРАШИТ АСЫЛБЕК МИРАМХАНҰЛЫНЫҢ**

8D07203 – «Қара және түсті металдар металлургиясы» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін ұсынылған

### **«ОТАНДЫҚ ШИКІЗАТТАН ОРТА КӨМІРТЕКТІ ФЕРРОМАРГАНЕЦТІ БАЛҚЫТУДЫҢ РЕСУРС ҮНЕМДЕУШІ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЕНГІЗУ»**

тақырыбындағы диссертациялық жұмысының  
**АҢДАТПАСЫ**

**Диссертациялық жұмыстың өзектілігі мен жаңалығы.** Қара металлургияның негізгі даму бағыты металл өнімдерін өндірумен қатар сапасын арттыру болып табылады, соның ішінде легірленген болат өндірісіне қажет орта көміртекті ферромарганец қорытпасын пайдалануынсыз елестету мүмкін емес.

Бүгінгі таңда елімізде орта көміртекті ферромарганецті өндіретін өндіріс орындары жоқ. Отандық құю цехтары Қытайдан, Украинадан және Ресей Федерациясынан импортталған ферромарганецті қолдануға мәжбүр. Марганец ферроқорытпаларының жетіспеушілігіне қарамастан, жылына шамамен 0,2 млн тонна марганец концентраттарын Қытай мен Ресей Федерациясына экспорттайды. Мәселен, Жәйрем КБК және «Қазмарганец» Холдингі қарасты Жезді кенді марганец концентраттарын Челябині электрометаллургиялық комбинатына экспорттайды. Импорттаушы елдер үшін отандық марганец кенін тұтыну тиімді, өйткені салық пен тасымалдау шығындары төмен.

Алайда, отандық марганец кендерінің сапасының нашарлауы, сонымен қатар бастапқы шикікұрам материалдары мен электр энергиясының қымбаттауы, орта көміртекті ферромарганец қорытпаларын алу технологиясын жетілдіру өзекті мәселе, сондықтан теориялық, зертханалық және өндірістік зерттеулерді қажет етеді.

#### **Зерттеу пәні**

Марганец кені және әр түрлі тотықсыздандырғыштар қолдана отырып, орта көміртекті ферромарганецті балқыту технологиясы.

#### **Зерттеу нысаны**

Марганец кені, қайта өңделетін силикомарганец, тауарлы ферросиликомарганец және орта көміртекті ферромарганец.

**Жұмыстың мақсаты** – отандық марганец кендерінен орта көміртекті ферромарганецті балқытудың ресурс үнемдеуші технологиясын әзірлеу.

**Зерттеу міндеттері.** Осы мақсатқа жету үшін жұмыста келесі міндеттер қойылады:

- зерттелетін марганец кенінің сапалық және сандық сипаттамаларын бағалау және оның металлургиялық жарамдылығын анықтау үшін физико-химиялық зерттеулер жүргізу;

- орта көміртекті ферромарганецті балқыту процесі үшін термодинамикалық және математикалық модельдеу арқылы оңтайлы шикіқұрам материалдарын анықтау;

- орта көміртекті ферромарганецті балқыту бойынша зертханалық тәжірибелерді жүргізу;

- технологиялық регламентті әзірлеу үшін трансформатор қуаттылығы 100 кВА болатын электрдоғалы пешінде орта көміртекті ферромарганецті балқыту процесінің ірі-зертханалық тәжірибелерін жүргізу.

- трансформатор қуаттылығы 0,25 МВ·А электрдоғалы пешінде төмен фосфорлы қайта өңделетін силикомарганецті пайдалана отырып, орта көміртекті ферромарганецті балқыту процесінің өндірістік сынақтарын жүргізу.

**Зерттеудің ғылыми жаңалағы.** Бұл жұмыста алғаш рет:

- орта көміртекті ферромарганецті балқыту үшін қажетті стандартты емес кремний-алюминий тотықсыздандырғыштарды пайдалана отырып, шикіқұрам қоспасының оңтайлы құрамын таңдау үшін Mn-Fe-Si-Al-Ca-C-O жүйесін толық термодинамикалық модельдеу жүргізілді. Шикіқұрам қоспасының оңтайлы құрамы, %: марганец кені-33; қайта өңделетін силикомарганец - 36; алюминий сынықтары -2 және әк - 30.

- экспериментті алты факторлы жоспарлау әдісін қолдана отырып, тотықсыздандырғыштағы марганец пен кремнийдің мөлшерін, кенді ұсақ бөлшектердің үлесін (5,0 мм-ге дейін), қождың негізділігін, кендегі марганецтің құрамын және шикіқұрам қоспасындағы алюминий сынықтарының үлесін ескере отырып, марганецтің бөліп алу дәрежесін анықтау үшін математикалық модель құрылды:

$$\dot{y} = -17,777 + 0,420x_1 + 0,396x_2 - 0,164x_3 + 19,843x_4 + 0,157x_5 + 2,758x_6.$$

- кеннің құрамындағы марганец, темір концентрациясы және марганецтің бөліп алу дәрежесі бойынша орта көміртекті ферромарганецтегі марганец мөлшерін анықтайтын математикалық модель алынды:

$$\dot{y} = 52,307 + 0,053x_1 - 0,786x_2 + 0,530x_3.$$

- трансформатор қуаттылығы 100 кВ·А электрдоғалы пешінде кремнийлі тотықсыздандырғыштарды - қайта өңделетін силикомарганец пен алюминий сынықтарын пайдалана отырып, орта көміртекті ферромарганецті балқыту технологиясы әзірленді және пысықталды. Орта көміртекті ферромарганецтің келесі химиялық құрамы бар тәжірибелік партиясы алынды, %: Mn – 85 – 88; Si- 0,33-0,7; C – 1,6-1,8; S – 0,01-0,03; P – 0,03-0,05; Fe - қалғ. Оңтайлы қож негізділігі 1,7-1,9 болғанда және алюминий сынықтарды пайдалану арқылы марганецтің металға түсімін 65-69% дейін арттыруға мүмкіндік берді;

- трансформатор қуаттылығы 0,25 МВ·А электрдоғалы пешінде қайта өңделетін силикомарганецті пайдалана отырып, орта көміртекті ферромарганецті балқыту бойынша өндірістік жағдайларда технологиялық сынақтар жүргізілді. Нәтижесінде орта көміртекті ферромарганецтің орташа химиялық құрамы алынды: Mn - 86-88; Si - 0,04-0,35%; C - 1,86-2,0%; S - 0,01-0,03%; P - 0,03-0,05%; Fe - қалғ.

### **Жұмыстың практикалық құндылығы.**

Ірі-зертханалық жағдайларда «Жезді» марганец кені, тотықсыздандырғыш ретінде төмен фосфорлы қайта өңделетін силикомарганец және алюминий сынықтарын пайдалана отырып, орта көміртекті ферромарганец балқыту технологиясы әзірленді. Диссертацияда алынған нәтижелер негізінде ақырғы қождардың силикатты ыдырауы мәселесі шешілді және марганецтің түсімін 69%-ға дейін арттырды.

Орта көміртекті ферромарганец балқыту бойынша сынақтар трансформатор қуатылығы 100 кВ·А болатын электрдоғалы пешінде өткізілді. Нәтижесінде құрамында орта көміртекті ферромарганецтің тәжірибелік партиясы алынды.

Орта көміртекті ферромарганецтің тәжірибелік партияның бір бөлігі 110Г13Л маркалы болатты легірлеу мақсатында «Теміртау құю зауыты» ЖШС сынақтан өткізуге жіберілді.

Орта көміртекті ферромарганецті трансформатор қуаттылығы 100 кВ·А болатын электрдоғалы пешінде балқыту бойынша технологиялық регламент әзірленді.

**Зерттеу әдістері.** Диссертациялық жұмыста күрделі металлургиялық процестерді анықтайтын зерттеу әдістері қолданылды: материалдарды химиялық, спектрлік, гранулометриялық, рентгендік фазалық және дифференциалды-термиялық талдау, «HSC Chemistry 10.0» кешендік бағдарлама көмегімен толық термодинамикалық модельдеу, FactSage бағдарламасы арқылы балқыту процесін диаграммалық талдау, математикалық жоспарлау, зертханалық жоғары температуралы тамман пешінде және электрдоғалы пешінде орта көміртекті ферромарганец балқыту технологиясын эксперименттік модельдеу.

### **Қорғауға шығарылатын жұмыстың негізгі нәтижелері:**

- «Жезді» марганец кенін гранулометриялық, рентген-фазалық және спектрлік талдау нәтижелері;
- орта көміртекті ферромарганец балқыту процесін толық термодинамикалық модельдеу нәтижелері;
- көп факторлы математикалық модельдеу арқылы марганец түсімі мен металдағы марганец құрамын анықтайтын тәуелділік өрнегінің нәтижелері;
- орта көміртекті ферромарганец балқыту процесінің зертханалық сынақтар нәтижелері;
- орта көміртекті ферромарганецті балқыту бойынша ірі-зертханалық сынақтарының нәтижелері;
- орта көміртекті ферромарганецті балқыту бойынша өнеркәсіптік сынақтардың нәтижелері.

**Ғылыми-зерттеу жұмыстарын орындау орны.** Жұмыс Қарағанды индустриялық университетінің КеАҚ «Металлургия және материалтану» кафедрасында, Ж.Әбішев атындағы Химия-металлургия институтының тәжірибелік алаңы мен «Ферроқорытпалар және тотықсыздандыру үрдісі» зертханасында жүргізілді. Толық термодинамикалық зерттеулерді Istanbul

Technical University «Металлургия және материалтану» кафедрасында жүргізілді (Ыстамбұл қ., Түркия).

### **Зерттеудің негізгі нәтижелерінің сипаттамасы.**

- Отандық марганец кендерін қолдану және одан марганец қорытпаларын балқыту бойынша өндірудің мүмкіндіктері мен мәселенің жай-күйі келтірілді. Орта көміртекті ферромарганец өндірісінің динамикасы мен дәстүрлі әдіс бойынша балқыту технологиялары келтірілді. Отандық болат кю цехтарына ферромарганец қажеттілігі анықталды.

- «Жезді» марганец кенін JSM-7001F сканерлеуші электрондық микроскоп көмегімен химиялық және микоқұрылымдық құрамын анықталды. Нәтижесінде кен келесі химиялық құрамға ие:  $Mn_{ж}$ -48,23;  $Fe$ -5,6;  $SiO_2$ -12,48;  $CaO$ -2,1;  $MgO$ -1,47;  $P$ -0,01;  $S$ -0,01; ҚКЖ-8. Гранулометриялық талдау нәтижесінде +5 мм ірілікте марганецтің мөлшері  $Mn_{ж}$  - 49-53% артты, темірдің мөлшері  $Fe_{ж}$  - 0,47-2,06% кеміді, ал -5 мм ірілікте марганецтің мөлшері  $Mn_{ж}$  - 19-30% төмендеді, темірдің мөлшері  $Fe_{ж}$  - 20-30% артты. Рентген-фазалық талдау нәтижелері бойынша +5 мм ірілікте марганец - пиролюзит ( $MnO_2$ ), марганец гидрототығы ( $MnO_2(H_2O)_{0,15}$ ) күйінде анықталды. Ал -5 мм ірілікте ламонтит ( $CaAl_2Si_4O_{12}(H_2O)_2$ ), гиббсайт ( $Al(OH)_3$ ), алюминий-калий үш силикаты ( $KAlSi_3O_8$ ) минералдарынан тұратыны анықталды. Дифференциалды-термиялық талдау нәтижесінде +5,0 мм іріліктегі марганец кенінің жұмсару температурасының басталуы  $T=1105^{\circ}C$  құрады, ал жұмсару температурасының аяқталуы  $T=1305^{\circ}C$  тең, -5,0 мм ірілік үшін жұмсару температурасының басталуы  $T=925^{\circ}C$  және жұмсару температурасының аяқталуы  $T=1115^{\circ}C$  тең болатыны анықталды.

-  $Mn-Si-Fe-Al-Ca-Mg-C-O$  жүйесі бойынша толық термодинамикалық модельдеу нәтижесінде 69 фаза тандап алынды. Оның ішінде 41 тотық фазасы, сондай-ақ 28 металл фазасы. Металл фазалары интерметаллидтерден, карбидтерден және таза металдардан тұрады. Нәтижесінде орта көміртекті ферромарганецтің стандартты маркаларын балқытуға оңтайлы шикіқұрам материалдары марганец кені – 110 кг, силикомарганец – 100 кг, әк – 90 кг, алюминий – 5,0 кг анықталды.

- көп факторлы математикалық модельдеу арқылы марганец түсімі мен металдағы марганец мөлшерін анықтайтын тәуелділік өрнектері жасалды. Бірінші математикалық модельде марганец кені мен тотықсыздандырғыш құрамындағы марганец пен темір мөлшері, қождың негізділігіне, шикіқұрам массасындағы алюминий сынықтарының үлесі және «ұнтақ» (-5,0 мм ірілікте) кеннің үлесі бойынша марганец түсімін анықтауға мүмкіндік берді. Екінші математикалық модельде кендегі марганец пен темірдің құрамына және кеннен марганецтің түсіміне байланысты алынған металдағы марганецтің мөлшерін болжайды. Алынған модельдер корреляция коэффициенттерінің жоғары мәндерімен сипатталады ( $R = 0,965$  және  $0,891$ ).

- Жоғары температуралы Тамман пешінде орта көміртекті ферромарганец балқыту бойынша зертханалық тәжірибелер жүргізілді. Зертханалық тәжірибелер нәтижелері бойынша қож негізділігі 1,6-1,8. аралығында металл мен қождың оңтайлы бөлінуі орын алды. Ірі-зертханалық

жағдайда трансформатор қуаттылығы 100 кВ·А болатын электрдоғалы пешінде төмен фосфорлы қайта өңделетін силикомарганец пен алюминий сынықтарын қолдана отырып, орта көміртекті ферромарганец балқыту бойынша сынақтар жүргізілді. Зерттеу нәтижелері бойынша алынған металдың химиялық құрамы келесідей, %: Mn – 85-88; Si – 0,33-0,7; C – 1,6-1,8; S – 0,01-0,03; P – 0,03-0,05; Fe – қалғ. Оңтайлы қож негізділігі 1,7-1,9. Алынған марганец қождары екі кальций силикаттан ( $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ), гелениттен ( $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$ ) және манганозиттен ( $\text{MnO}$ ) тұрады. Кеннен марганецтің түсімі  $\geq 69\%$  -ға дейін артты және қождың өздігінен ұнтақталмауына әкелді. «Марганец» ҒӨБ» ЖШС өндірістік жағдайында трансформатор қуаттылығы 0,25 МВ·А болатын электрдоғалы еңкейтілетін пеште орта көміртекті ферромарганец балқыту сынақтары жүргізілді. Нәтижесінде орта көміртекті ферромарганецтің орташа химиялық құрамы келесідей, %: Mn – 86-88; Si – 0,04-0,35; C – 1,86-2,0; S – 0,01-0,03; P – 0,03-0,05; Fe-қалғ.

**Докторанттың диссертация жазудағы жеке үлесі.** Автор диссертациялық жұмыста қойылған мақсат пен міндеттерді толық орындады. Заманауи зертханалық қондырғылар мен кешенді бағдарламаларда тәжірибелік сынақтарды өткізді, сынақтар нәтижелері бойынша Scopus және Web of Science базаларына кіретін журналдарда мақалалар жарыққа шықты. Ірі-зертханалық және өндірістік сынақтар нәтижелер бойынша орта көміртекті ферромарганец балқыту технологиясына технологиялық регламент, сынақ актісі және ҚР пайдалы модельге патенті алынды.

**Жұмысты апробациялау.** Ж.Әбішев атындағы Химия-металлургия институты жағдайында трансформатор қуаттылығы 100 кВ·А болатын электрдоғалы пешінде орта көміртекті ферромарганецті балқыту бойынша ірі-зертханалық сынақ актісі жасалды және технологиялық регламент әзірленді.

«Орта көміртекті ферромарганецті балқытуға арналған шикікүрам» атты Қазақстан Республикасының 2023 жылғы 16 маусымдағы KZ 8180 пайдалы модельге патенті алынды.

Диссертациялық жұмыс нәтижелері Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университетінің «Металлургия» білім беру бағдарламасы бойынша «Ферроқорытпалар өндірісінің теориясы мен технологиясы», «Ферроқорытпа өндірісіндегі рециклингтік технологиялар» пәндеріне теориялық және практикалық нәтижелері оқу үрдісіне енгізілді. Оқу процесіне енгізу актісі бар.

Ғылыми зерттеулер мен әзірлемелердің нәтижелері «Марганец ҒӨБ» ЖШС-нің өндірістік алаңына енгізілді. Енгізу актісі бар.

Диссертациялық жұмыс тақырыбы бойынша 12 ғылыми жұмыс жарияланды, оның ішінде: Web of Science (Clarivate Analytics) базасының Science Citation Index Expanded және Scopus (Elsevier) базасының CiteScore бойынша индекстелетін, диссертация тақырыбының ғылыми бағыты бойынша рецензияланатын ғылыми басылымдарда 2 (екі) мақала, ҚР ҒЖБМ ҒЖБССҚЕК ұсынған металлургия саласындағы отандық басылымдарда 3 (үш) мақала, халықаралық және республикалық ғылыми-практикалық конференция жинағында 6 (алты)мақала және 1 ҚР пайдалы модельге патент.

Web of Science (Clarivate Analytics) базасының Science Citation Index Expanded және Scopus (Elsevier) базасының CiteScore бойынша индекстелетін, диссертация тақырыбының ғылыми бағыты бойынша рецензияланатын ғылыми басылымдардағы негізгі жарияланымдар туралы мәліметтер.

1 Abdirashit A., Makhambetov Y., Yerzhanov Y.A., Sarkulova Z., Aitkenov N., Aitbayev N. / Large-scale laboratory tests for smelting medium-carbon ferromanganese using Jezda manganese ore and SiMn17 silicomanganese fines / Metalurgija. – 2023. Vol 61, Iss. 1. – P. 139-141.

2 Nurumgaliev A., Makhambetov Y., Kumatbay Y., Yerekeyeva G., Abdirashit A., Mynzhassar Y. / Study of softening temperatures of manganese ores in central Kazakhstan// Metalurgija. – 2023. Vol. 62, Iss. 2. – 268-270.

Диссертация тақырыбы бойынша ҚР ҒЖБМ ҒЖБССҚЕК ұсынған металлургия саласындағы отандық басылымдардағы жарияланымдар туралы мәліметтер:

1 Makhambetov Ye., Abdirashit A., Mynzhassar Ye., Baisanov A., Zhakan A./Thermodynamic and experimental simulation of the smelting process of medium carbon ferromanganese with the use of Zhezdinsky manganese ores // Қазақстан ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ. 2023. №3, P. 141-153. <https://doi.org/10.48081/HHSN1365>

2 Makhambetov Ye. N., Abdirashit A.M., Mynzhassar Ye. A., Burumbayev A.G., Zhakan A.M., Yucel O. / Research on the possibility of obtaining medium-carbon ferromanganese from the Djezdinskoe deposit. // Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra = Complex Use of Mineral Resources. 2024; Vol. 331. – Iss. 4. – P. 101-108. <https://doi.org/10.31643/2024/6445.43>

3 Махамбетов Е.Н., Әбдірашит А.М., Мыңжасар Е.А., Байсанов А.С., Юсел О. / Металлотермиялық тәсілмен орта көміртекті ферромарганецті балқыту процестерінің термиялық қасиеттерін зерттеу // Труды университета. 2024. Б.95. - №2., P. 54-59. [https://doi.org/10.52209/1609-1825\\_2024\\_2\\_54](https://doi.org/10.52209/1609-1825_2024_2_54)

Халықаралық және республикалық ғылыми-практикалық конференцияда диссертациялық жұмыстың нәтижелері бойынша баяндалған және талқыланған баяндама туралы мәліметтер:

1 Әбдірашит А.М., Мыңжасар Е.А. / Әлемдік және отандық марганец кендерді тұтыну мен талдау// Университеттің 70 жылдығына арналған «Қазақстан-2050» Стратегиясын жүзеге асырудағы жастар ғылымының үлесі» атты Республикалық студенттік ғылыми конференциясы ЕҢБЕКТЕРІ 2 – бөлім, (13-14 апрель ) Қарағанда қ. 2023, 283-284 б.

2 Әбдірашит А.М., Махамбетов Е.Н., Мыңжасар Е.А., Нурумғалиев А.Х., Юджел О. / HSC Chemistry 6.0 бағдарламалық кешенін қолдану арқылы орта көміртекті ферромарганецті балқыту термодинамикалық модельдеу// «Металлургия» кафедрасының 40-жылдығына орай өтетін «Металлургия саласының мәселелері мен перспективалары: теория және практика» атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары (31 мамыр) Павлодар қ., 2023, 48-51 б.

3 Әбдірашит А.М., Махамбетов Е.Н., Мыңжасар Е.А., Нурумғалиев А.Х./ Қазақстандағы болат өндірісінің жағдайы мен тұтынылуы// Қарағанды

индустриалды университетінің 60 жылдығына арналған «Инновациялық технологиялар және инжиниринг» атты XII халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының материалдар жинағы (19-20 қазан), Теміртау қ., 2023, 111-114 б.

4 Әбдірашит А.М., Махамбетов Е.Н., Мыңжасар Е.А., Нурумғалиев А.Х./ Қайта өңделетін силикомарганецті қолдана отырып, орта көміртекті ферромарганецті балқыту үрдісін эксперименттік модельдеу // Қарағанды индустриалды университетінің 60 жылдығына арналған «Инновациялық технологиялар және инжиниринг» атты XII халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының материалдар жинағы (19-20 қазан), Теміртау қ., 2023, 115-117 б.

5 Әбдірашит А.М., Нурумғалиев А.Х., Махамбетов Е.Н., Юсел О. / Әр түрлі тотықсыздандырғыштарды қолдана отырып, орта көміртекті ферромарганец технологиясын әзірлеу// Қарағанды индустриялық университетінің «Жастар, ғылым және технологиялар: жетілдіру және ықпалдасу жолдары» LIV Республикалық ғылыми-практикалық конференцияның материалдар жинағы, Теміртау қ., 2024, 62-64 б.

6 Әбдірашит А.М., Нурумғалиев А.Х., Махамбетов Е.Н., Юсел О./ Орта көміртекті ферромарганец технологиясын зерттеу және әзірлеу// Қазақстан Республикасының Ұлттық Ғылым Академиясының (Қазақ ССР Ғылым Академиясы) негізін салушы, тұңғыш президенті Қ. Сатпаевтың 125 жылдығына арналған «өндірістегі және техникалық мамандарды дайындаудағы инновациялар» халықаралық ғылыми-практикалық онлайн-конференция материалдары (23 сәуір), Ақтөбе қ., 2024, 28-29 б.

Зияткерлік меншік объектілеріне қорғау құжаттары туралы мәлімет:

1. Пайдалы модельге патент ҚР «Орта көміртекті ферромарганецті балқытуға арналған шикікұрам» № 8180, 16.06.2023 ж.

**Диссертацияның құрылымы мен көлемі.** Диссертация кіріспеден, 4 бөлімнен тұратын негізгі бөлімнен, қорытындыдан және қосымшалардан тұрады. Диссертацияның көлемі машинада басылған мәтіннің 118 бетін құрайды, жұмыста 37 сурет, 23 кесте, пайдаланылған әдебиеттер тізімі, оның ішінде 82 атау бар.