

ОРТА КӨМІРТЕКТІ ФЕРРОМАРГАНЕЦ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ӘЗІРЛЕУ

ӘБДІРАШИТ А.М.^{1*}, НУРУМГАЛИЕВ А.Х.¹, МАХАМБЕТОВ Е.Н.²,
ЮСЕЛ О.³

*Әбдірашит Асылбек Мирамханұлы¹ - магистр, Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау қ., Қазақстан
E-mail: asik_942017@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0718-3041>;

Нурумғалиев Асылбек Хабдашевич¹ – техника ғылымдарының докторы, профессор, Қарағанды
индустриялық университеті, Теміртау қ., Қазақстан

E-mail: as_nurum@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8782-9975>;

Махамбетов Ерболат Нысаналыұлы² - PhD, зертхана меңгерушісі, Ж.Әбішев атындағы Химия-металлургия
институты, Қарағанда қ., Қазақстан

E-mail: m.ye.n@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8613-9932>;

Юсел Онуралп³ - PhD, профессор, Ыстамбұл техникалық университеті, Ыстамбұл қ., Түркия

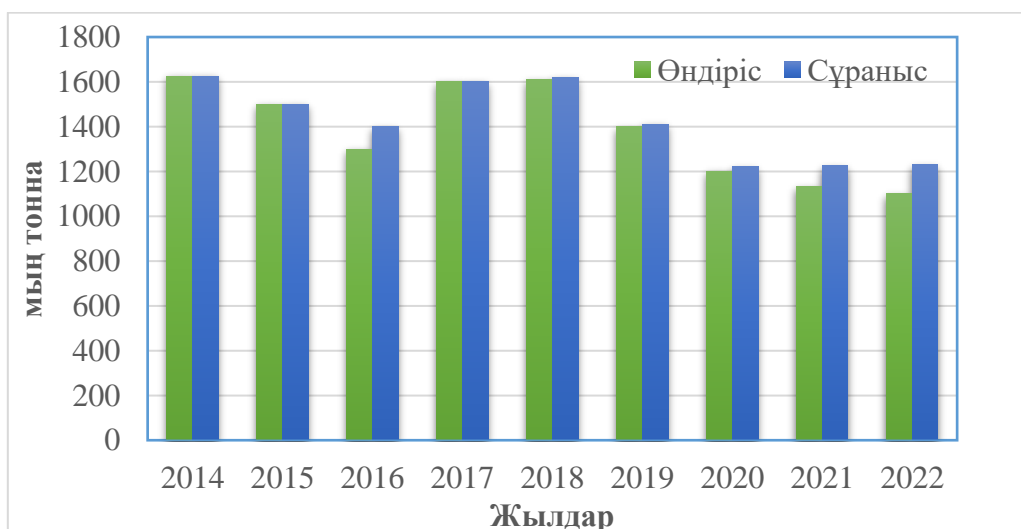
E-mail: yucel@itu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-3879-0410>;

Андатпа. Бұл мақалада отандық марганец кендерінен орта көміртекті ферромарганец ірі-зертханалық жағдайда балқыту бойынша нәтижелері келтірілген. Тазартылған ферромарганецтің соңғы он жылда өндірілген өндіріс көлемі мен сұранысы келтірілді. 2020 жылдан бастап тазартылған ферромарганецті өндіру шамамен 1,2 миллион тоннаға дейін қысқарды, бұл 2019 жылмен салыстырғанда 18%-ға қысқарды. Ол 2019 жылы Қытайда басталған коронавирус ауруы (COVID - 19) және бүкіл әлемдік пандемия және 2021 жылы басталған геосаяси қақтығыстар (Ресей - Украина) мәселердің туындауы әсерінен болды. Қазақстанда марганец кендерінің қоры оразан зор. Марганец кендері темірлі - марганец және корбонатты күйде кездеседі. Марганец кендерінің рентгендік – фазалық талдауы нәтижесінде марганец гидрототығы, пиролюзит және темір тотығы күйінде кездесті. Трансформатор қуаттылығы 0,1 МВА электрдоғалы пешінде орта көміртекті ферромарганец балқытылды. Балқытылған орта көміртекті ферромарганецтің химиялық құрамы келесідей, % : Mn – 80 – 85; Si – 0,05 – 0,25; Fe – 1,8 – 3,0; P – 0,05 – 0,09; C – 1,5 – 2,0; MnO – 20-25; SiO₂ – 13,94-14,5; CaO – 23,35 – 24,85; MgO – 12,5-14,0. Осылайша, марганец ферроқорытпаларының кең спектрін өндірудің оңтайлы технологиялық схемасы жасалды.

Түйін сөздер: орта көміртекті ферромарганец, электрдоғалы пеш, марганец, металл, қож.

Кіріспе

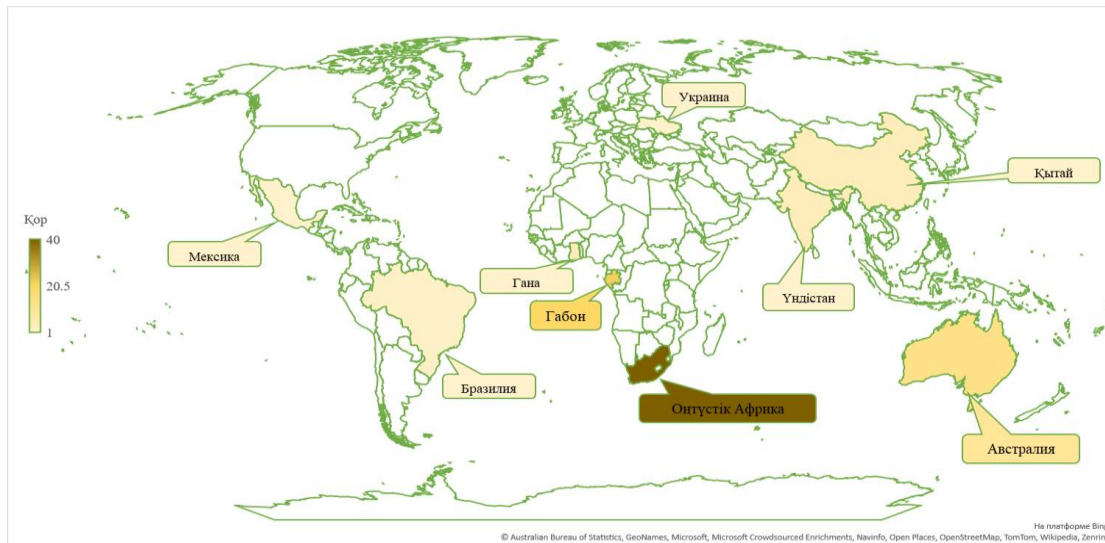
Марганец - баламасыз дәстүрлі оттектендіргіш және легірлеуші металл. Марганецті ферроқорытпалар (ферромарганец және силикомарганец) шойын өндірісінде легірлеуші, болат өндірісінде 90%-ы қышқылсыздандырғыш ретінде кен қолданылады.



Сурет 1 - Тазартылған ферромарганец өндірісі мен сұранысы

Тазартылған ферромарганецтің 2014-2022 ж.ж. аралығындағы өндірілген өндіріс көлемі мен сұранысы 1 - суретте келтірілген. 2020 жылдан бастап тазартылған ферромарганецті өндіру шамамен 1,2 миллион тоннаға дейін қысқарды, бұл 2019 жылмен салыстырғанда 18%-ға қысқарды. Ол 2019 жылы Қытайда басталған коронавирус ауруы (COVID-19) және бүкіл әлемдік пандемия және 2021 жылы басталған геосаяси қақтығыстар (Ресей-Украина) мәселердің туындауы әсерінен болды [1, 2].

Марганецтің қоры 2022 жылы мәліметке сай шамамен 1,7 миллиард тоннаға бағаланды, бұл 2010 жылмен салыстырғанда үш есе көп [3]. Марганец қорлары Оңтүстік Африкада, Украина, Бразилияда, Австралия әлемдегі ең үлкен марганец қорлары бар. Қазақстанда 5 мың тонна астам марганец концентраты қорына ие.



Сурет 2 - 2022 жылғы мәліметтер бойынша марганец кендерінің қорлары

Марганец кендерінің әлемдік өндірісі өткен жылмен салыстырғанда 2022 жылы 3%-ға 21,1 млн тоннаға дейін қысқарды. Орташа және төмен сұрыпты кендердің жылжымалы қоры (сәйкесінше -5% және -1%) энергия шығындарының өсуіне байланысты жоғары сұрыпты кендер өндірісінің 1%-ға өсуін өтеді, өйткені марганец қорытпаларын өндіру жоғары сұрыпты кендерді пайдалану кезінде аз энергияны қажет етеді. Жоғары сұрыпты марганец кенін өндіру (>44% Mn) қазіргі уақытта жалпы өндірістің 40% құрайды, ал орташа сұрыпты кен (>30% және <44% Mn) 50%, ал төмен сұрыпты кен (<30% Mn) құрайды қалған 10% құрайды. 2022 жылы өндіріс көлемі Оңтүстік Африка, Австралия, Қытай, Гана, Бразилия, Кот-Д'Ивуар және Мексикада қысқарып, Габон мен Үндістанда ұлғайды. Қазіргі уақытта Оңтүстік Африка әлемдік кен өндірісінің 40% - құрайды, одан кейін Габон (22%) және Австралия (14%) (2- сурет) [4,5].

Қазақстандық марганец шикізатының көздері Ресей үшін жеткізілетін өнімдердің салыстырмалы арзандығы, әкелу бажының (кеден одағы елі ретінде) өзара іс-қимылының болмауы және тұтыну орнына жеткізу бойынша шағын көлік шығындары бөлігінде артықшылық береді [6-7].

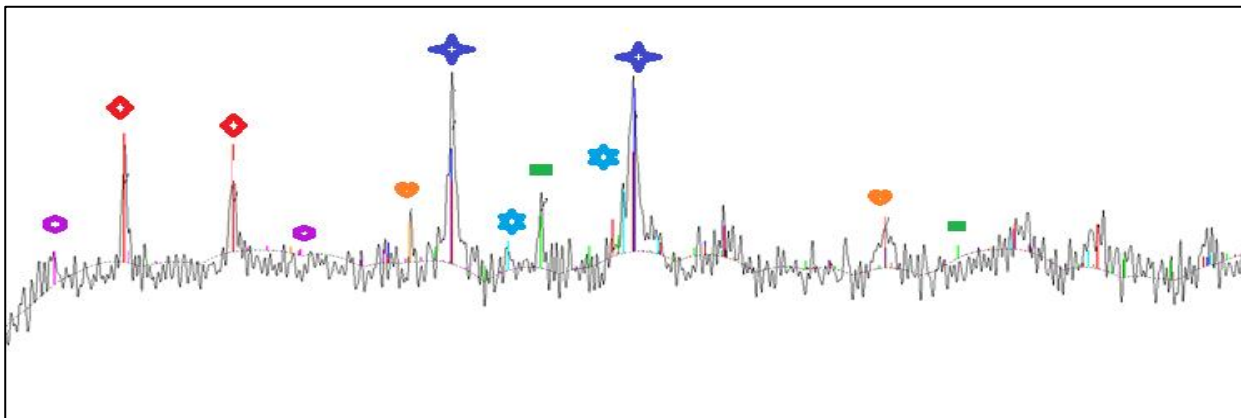
Жоғарыда келтірілген мәліметтерге сай жұмыстың алдына отандық кендерден орта көміртекті ферромарганец балқытудың технологиясы қарастырылды [8-10].

Материалдар және әдістер

Бастапқы шихта мынадай компоненттерден тұрды: Ақсу ферроқорытпа зауыты өндірісінің ферросиликомарганец ("Қазхром" ТҮК АҚ, Қазақстан); Ж. Әбішев атындағы Химия-металлургия институтында (Қарағанды, Қазақстан) әзірленген алюмосиликомарганец; Жарма кен орнының әк (Абай облысы, Қазақстан); Жезді кен орнының марганец кені («Қазмарганец" Холдингі», Қазақстан).

Cu- α сәулеленуі бар D8 advance (bruker, АҚШ) дифрактометрінің және EVA бағдарламалық қамтамасыз етуінің көмегімен рентгендік-құрылымдық фазалық талдау (РФ) әдістерімен шихта компоненттерін және алынған ферромарганец үлгілерін зерттеу және Jeol JSM растрлық электронды микроскопында «дымқыл химия» және энергодисперсиялық рентгендік спектроскопия (ЭҚК) әдістерімен химиялық құрамды талдау жүргізілді-7001f (Jeol, Жапония).

Марганец кені Ресей Федерациясының нәтижелері 3-суретте және 1-кестеде келтірілген.



Сурет 3 - Марганец кенінің Рентгендік талдауы
 +- $\text{Ca}_2\text{Mn}_8\text{O}_{16}$, \blacklozenge - $\text{MnO}_2(\text{H}_2\text{O})_{0.15}$, \blacksquare - Fe_2O_3 , \bullet - $\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}(\text{H}_2\text{O})_2$,
 \star - Al_2Ca , \heartsuit - SiO_2

Кесте 1 - Марганец кенінің фазалық құрамы

| Фаза | S-Q |
|---|-------|
| $\text{Ca}_2\text{Mn}_8\text{O}_{16}$ | 31,2% |
| $\text{MnO}_2(\text{H}_2\text{O})_{0.15}$ | 30,5% |
| Fe_2O_3 | 14,9% |
| $\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}(\text{H}_2\text{O})_2$ | 8,5% |
| Al_2Ca | 8,1% |
| SiO_2 | 6,9% |

Марганец кені құрамында негізгі металл $\text{Ca}_2\text{Mn}_8\text{O}_{16}$ және $\text{MnO}_2(\text{H}_2\text{O})_{0.15}$ күрделі қосылыстарында кездесетінін көруге болады; Fe_2O_3 темір оксиді де бар; Ломонтит $\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}(\text{H}_2\text{O})_2$; алюминий мен кальций қосылысы Al_2Ca және кварц SiO_2 .

2-4 кестелерде шихта компоненттерінің химиялық құрамын анықтау нәтижелері келтірілген.

Кесте 2 – Марганец кенінің химиялық құрамы, %

| Mn _{general} | Fe _{general} | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | S | ППП |
|-----------------------|-----------------------|------------------|--------------------------------|------|------|------|------|
| 53,54 | 0,47 | 2,25 | 2,76 | 1,28 | 1,45 | 0,01 | 15,1 |

Марганец кені құрамында рентгендік фазалық талдау арқылы табылған фазалардан басқа басқа компоненттердің қоспалары да бар екендігі байқалады.

Кесте 3 – Ферросиликомарганецтің химиялық құрамы, %

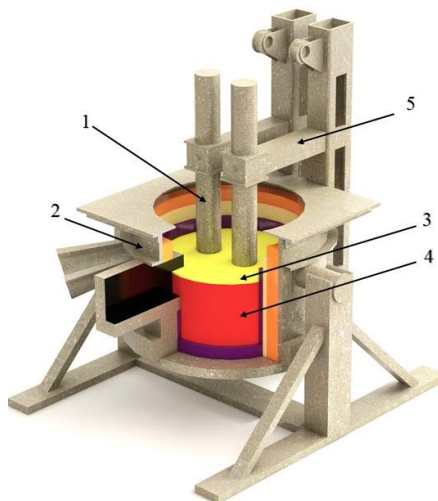
| Mn | Si | C | P | Fe |
|----|----|-----|------|------|
| 68 | 17 | 0,3 | 0,10 | ост. |

Кесте 4 – Әктің химиялық құрамы, %

| CaO | MgO | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | FeO |
|-----|-----|------------------|--------------------------------|------|
| 90 | 1 | 2 | 1 | ост. |

Әктің құрамына МемСТ 9179-2018 сәйкес келеді.

Орта көміртекті ферромарганецті балқыту Химиялық-металлургиялық институт базасында трансформатордың қуатылығы 0,1 МВА болатын электр доғалы пеште жүзеге асырылды (сурет 4).



Сурет 4 - Трансформатор қуатылығы 0,1 МВ·А электр доғалы пештің графикалық құрылымы
1-электродтар, 2-пеш корпусы, 3-қож, 4-металл, 5-электр ұстағыш

Нәтижелер және талқылау

Ферромарганецті балқыту кезінде трансформатордың жұмыс кернеуі 49В болды. электр пешін қыздыру электр тогының өткізгіші ретінде Кокс ұсақ-түйектерін пайдаланып 8 сағат ішінде жүргізілді. Қыздыру процесінің соңында пештің ваннасы Кокс қалдықтарынан толығымен тазартылды, әрі қарай негізгі шихтаны тиеу үшін. Қыздыру кезеңінің электрлік режимі: кернеуі 49В, электродтардағы ток күші 145-165 А.

Орташа көміртекті ферромарганецті балқыту процесінде колошник кішірейген сайын шағын бөліктерде шихтаны тиеу арқылы серпінді әдіс қолданылды. Металл әр 2 сағат сайын мезгіл-мезгіл шығарылып, тиімді бақылауға және осы пеш қондырғысы шеңберінде өндірістің оңтайлы параметрлерін қамтамасыз етуге жағдай жасалды. Металл мен қожды құю шойын қалыптарға жүргізілді (5-сурет).



Сурет 5 - Пештен металл мен қожды шығару

Жұмыс барысында үш түрлі комбинациядан тұратын шихтадан ферромарганецті балқыту жүргізілді. Алынған қорытпалардың құрамы 5-кестеде келтірілген.

Кесте 5 – Метал мен қождың химиялық құрамы%

| Тәжірибе | Mn | Si | C | P | Fe | MnO | CaO | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ |
|----------|-------|-----|------|------|------|-------|-------|------------------|--------------------------------|
| 1 | 81,55 | 2,0 | 1,69 | 0,01 | ост. | 13,85 | 59,81 | 29,95 | 1,45 |
| 2 | 81,21 | 4,6 | 1,56 | 0,01 | ост. | 14,56 | 41,98 | 26,69 | 10,5 |
| 3 | 85,82 | 2,0 | 1,55 | 0,01 | ост. | 10,92 | 40,43 | 25,25 | 7,2 |

Қорытынды

Орта көміртекті ферромарганецті балқыту процесінде колошник кішірейген сайын шағын бөліктерде шихтаны тиеу арқылы үзіліс әдісі қолданылды. Металл әр 2 сағат сайын мезгіл-мезгіл шығарылып, тиімді бақылауға және осы пеш қондырғысы шеңберінде өндірістің оңтайлы параметрлерін қамтамасыз етуге жағдай жасалды [4-6].

Марганец кені қоспасын және кремний-алюминий тотықсыздандырғыштарын қолдана отырып, ферромарганецтің тазартылған маркаларын алу эксперименталды түрде зерттелді. Балқыту нәтижесінде кеннен марганецті жоғары алуға қол жеткізілді (60%) және қождар ыдыраған жоқ.

Осылайша, орта көміртекті ферромарганецті балқыту үшін ферросиликомарганец пен алюминий қолдану оңтайлы шешім болып табылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Olsen S.E., Tangstad M. Silicomanganese production - process understanding. INFACON X: Transformation through Technology, Cape Town, South Africa, 1-4 February 2004.

2. Mukono T., Wallin M., Tangstad M. Phase Distribution During Slag Formation in Mn Ferroalloy Production. Metallurgical and Materials Transactions B: Process Metallurgy and Materials Processing Science, 2022, vol. 53, no. 2, pp. 1122-1135.

3. Ma Y., Moosavi-Khoonsari E., Kero I.T., Tranell G.M. Element Distribution in the Silicomanganese Production Process. Metallurgical and Materials Transactions B: Process Metallurgy and Materials Processing Science, 2018, vol. 49B, pp. 2444-2457.

4. USGS, Mineral Commodity Summaries 2023, Reston: United States Geological Survey, 2023 [Электрондық ресурс] <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023.pdf> Өтініш күні 25.02.2023.

5. Makhambetov Ye., Abdirashit A., Myngzhassar Ye., Baisanov A., Zhakan A. Thermodynamic and Experimental Simulation of the Smelting Process of Medium Carbon Ferromanganese with the Use of Zhezdinsky Manganese Ores. 2023, no. 3, pp. 141-153. <https://doi.org/10.48081/HHSN1365>.

6. Makhambetov Ye.N., Abdirashit A.M., Myngzhassar Ye.A., Burumbayev A.G., Zhakan A.M., Yucel O. Research on the Possibility of Obtaining Medium-Carbon Ferromanganese from the Djezdinskoe Deposit. Complex Use of Mineral Resources, 2024, vol. 331, no. 4, pp. 101-108. <https://doi.org/10.31643/2024/6445.43>.

7. Abdirashit A., Makhambetov Y., Yerzhanov 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. 62, pp. 139-141.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

References

1. Olsen S.E., Tangstad M. Silicomanganese production - process understanding. INFACON X: Transformation through Technology, Cape Town, South Africa, 1-4 February 2004.

2. Mukono T., Wallin M., Tangstad M. Phase Distribution During Slag Formation in Mn Ferroalloy Production. Metallurgical and Materials Transactions B: Process Metallurgy and Materials Processing Science, 2022, vol. 53, no. 2, pp. 1122-1135.

3. Ma Y., Moosavi-Khoonsari E., Kero I.T., Tranell G.M. Element Distribution in the Silicomanganese Production Process. Metallurgical and Materials Transactions B: Process Metallurgy and Materials Processing Science, 2018, vol. 49B, pp. 2444-2457.

4. USGS, Mineral Commodity Summaries 2023, Reston: United States Geological Survey, 2023 [Electronic resource] <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023.pdf> Application date 25.02.2023.

5. Makhambetov Ye., Abdirashit A., Myngzhassar Ye., Baisanov A., Zhakan A. Thermodynamic and Experimental Simulation of the Smelting Process of Medium Carbon Ferromanganese with the Use of Zhezdinsky Manganese Ores. 2023, no. 3, pp. 141-153. <https://doi.org/10.48081/HHSN1365>.

6. Makhambetov Ye.N., Abdirashit A.M., Myngzhassar Ye.A., Burumbayev A.G., Zhakan A.M., Yucel O. Research on the Possibility of Obtaining Medium-Carbon Ferromanganese from the Djezdinskoe Deposit. Complex Use of Mineral Resources, 2024, vol. 331, no. 4, pp. 101-108. <https://doi.org/10.31643/2024/6445.43>.

7. Abdirashit A., Makhambetov Y., Yerzhanov 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. 62, pp. 139-141.

8. Әбдірашит А.М., Махамбетов Е.Н., Мыңжасар Е.А., Нурумғалиев А.Х./ Qaita öñdeletin silikomarganesti qoldana otyryp, orta kömirtekti feromarganesti balqytu ürdısın eksperimenttik modeldeu // Qarağandy industrialdy universitetiniñ 60 jyldyğyna arnalğan «İnnovasiyalıq tehnologialar jäne injiniriñ» atty XII halyqaralyq ğylymi-täjiribelik konferensiasynyñ materialdar jinağy (19-20 qazan), Temirtau q., 2023, 115-117 б.

9. 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.

10. 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.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТОГО ФЕРРОМАРГАНЦА

АБДИРАШИТ А.М.^{1*}, НУРУМГАЛИЕВ А.Х.¹, МАХАМБЕТОВ Е.Н.²,
ЮСЕЛ О.³

*Абдирашит Асылбек Мирамханулы¹ - магистр, Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, Казахстан

E-mail: asik_942017@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0718-3041>;

Нурумғалиев Асылбек Хабадашевич¹ – доктор технических наук, профессор, Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, Казахстан

E-mail: as_nurum@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8782-9975>;

Махамбетов Ерболат Нысаналыұлы² - PhD, заведующий лаборатории, Ж Химико-металлургический институт им. Ж.Абишева, г. Караганда Казахстан

E-mail: m.ye.n@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8613-9932>;

Юсел Онуралп³ - PhD, профессор, Стамбульский технический университет, г. Стамбул, Турция

E-mail: yucel@itu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-3879-0410>;

Аннотация. В данной статье представлены результаты выплавки среднеуглеродистого ферромарганца из отечественных марганцевых руд в крупно-лабораторных условиях. Приведены данные о производстве и спросе на очищенный ферромарганец, произведенный за последний успешный год. С 2020 года производство очищенного ферромарганца сократилось примерно на 1,2 млн тонн, что на 18% меньше, чем в 2019 году. Это было вызвано вспышкой коронавируса (COVID-19), начавшейся в Китае в 2019 году, и последующей всемирной пандемией, а также геополитическими конфликтами (Россия — Украина), начавшимися в 2021 году. В Казахстане имеются значительные запасы марганцевых руд, которые находятся в железисто-марганцевом и карбонатном состояниях. Рентгенофазный анализ показал, что марганец в рудах представлен гидроокисью, пиролюзитом и оксидом железа. В электропечи с трансформатором мощностью 0,1 МВА был выплавлен среднеуглеродистый ферромарганец. Химический состав полученного сплава следующий, %: Mn – 80-85; Si – 0,05-0,25; Fe – 1,8-3,0; P – 0,05-0,09; C – 1,5-2,0; MnO – 20-25; SiO₂ – 13,94-14,5; CaO – 23,35-24,85; MgO – 12,5-14,0. Таким образом, была разработана оптимальная технологическая схема производства широкого спектра марганцевых ферросплавов.

Ключевые слова: среднеуглеродистый ферромарганец, электродуговая печь, марганец, металл, шлак.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF MEDIUM-CARBON FERROMANGANESE TECHNOLOGY

ABDIRASHIT A.M.^{1*}, NURUMGALIYEV A.KH.¹, MAKHAMBETOV YE.N.²,
YUCEL O.³

*Abdirashit Asylbek Miramkhanuly¹ - Master's degree, Karaganda Industrial University, Temirtau, Kazakhstan

E-mail: asik_942017@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0718-3041>;

Nurumgaliyev Asylbek Khabadashevich¹ – Doctor of Technical Sciences, Professor, Karaganda Industrial University, Temirtau, Kazakhstan

E-mail: as_nurum@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8782-9975>;

Makhambetov Erbolat Nysanaluly² - PhD, Head of the Laboratory, J. Abishev Chemical and Metallurgical Institute, Karaganda, Kazakhstan

E-mail: m.ye.n@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8613-9932>;

Yucel Onuralp³ - PhD, Professor, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey

E-mail: yucel@itu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-3879-0410>;

Abstract. This article presents the results of medium-carbon ferromanganese smelting from domestic manganese ores under large-scale laboratory conditions. Data on the production and demand for refined ferromanganese produced during the last successful year are provided. Since 2020, refined ferromanganese production has decreased by approximately 1,2 million tons, which is 18% lower than in 2019. This decline was caused by the outbreak of the coronavirus (COVID-19), which began in China in 2019, and the subsequent worldwide pandemic, as well as geopolitical conflicts (Russia — Ukraine), which started in 2021. Kazakhstan has significant reserves of manganese ores, which are in ferrous-manganese and carbonate states. X-ray phase analysis showed that manganese in the ores is represented by hydroxide, pyrolusite, and iron oxide. Medium-carbon ferromanganese was smelted in an electric furnace with a

transformer power of 0.1 MVA. The chemical composition of the resulting alloy is as follows, %: Mn – 80-85; Si – 0,05-0,25; Fe – 1,8-3,0; P – 0,05-0,09; C – 1,5-2,0; MnO – 20-25; SiO₂ – 13,94-14,5; CaO – 23,35-24,85; MgO – 12,5-14,0. Thus, an optimal technological scheme for the production of a wide range of manganese ferroalloys was developed.

Key words: Medium-carbon ferromanganese, electric arc furnace, manganese, metal, slag.