Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы

1997 жылдан бастап шығады

ВЕСТНИК Торайгыров университета

Энергетическая серия

Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 4 (2020)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО
о постановке на переучет периодического печатного издания, информационного агентства и сетевого издания
№ 14310-Ж
выдано
Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность
публикация материалов в области электроэнергетики, электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

Бас редакторы – главный редактор
Кислов А. П.
к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*
Ответственный секретарь Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Новожилов Т. А., к*.т.н., доцент (Россия)*
Оспанова Н. Н., *к.п.н.,, доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

МРНТИ 53.31.21

https://doi.org/10.48081/RLCK7055

Л. Б. Толымбекова[1], А. М. Толымбеков[2], А. К. Жунусов[3], А.К. Жунусова[4]

[1,3,4]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;

[2]АО ТНК «Казхром» Аксуский завод ферросплавов, Республика Казахстан, г. Аксу

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ АНТРАЦИТА ДЛЯ ВЫПЛАВКИ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОГО ФЕРРОХРОМА

В данной статье приводятся результаты опытно-промышленных испытаний использования антрацита взамен кокса, с целью энергосбережения, в условиях текущего производства при выплавке высокоуглеродистого феррохрома на АО ТНК Казхром Аксуский завод ферросплавов (Казахстан).

Проблема снижения расхода металлургического кокса без уменьшения устойчивости протекания процессов касается всех переделов, но наиболее важна для стадии производства первичного металла. Минимальный расход кокса рационален как с точки зрения экономии энергии, а также по причине производства высокочистых по примесям металлургических полупродуктов.

Применение антрацита листвянского месторождения в условиях текущего производства при выплавке высокоуглеродистого феррохрома на печи типа РКЗ-63 показало себя с положительной стороны. Использование антрацита в навеске шихтовых материалов в количестве 100 кг не ухудшило технологического хода печи. Загружаемый в печь антрацит заменяет кокс практически 1/1. Низкое содержание фосфора в антраците позволяет получать готовый металл с более низким содержанием фосфора. В процессе использования антрацита идет значительная экономия электроэнергии, к тому же антрацит имеет также низкие содержания золы и серы, что благоприятно для технологического процесса и снижения содержания серы в товарном феррохроме.

Ключевые слова: антрацит, кокс, феррохром, восстановитель.

Введение

Производство хромистых сплавов в Казахстане в настоящее время сосредоточено на Актюбинском (АктЗФ) и Аксуском (АксЗФ) заводах ферросплавов, который был спроектирован и запущен на производство ферросилиция. Современные рыночные условия требуют от металлургической отрасли Казахстана диверсификацию производства: на Аксуском заводе ферросплавов освоение массового товарного выпуска сплавов новых для завода (высокоуглеродистого феррохрома на мощных и сверхмощных печах мощности 33 и 63 МВА) и для ферросплавной отрасли Казахстана (марганцевых ферросплавов) [1–10].

Режим работы рудовосстановительной ферросплавной печи во многом определяется свойствами углеродистого восстановителя: реакционной способностью, гранулометрическим составом и электрическим сопротивлением. Правильный подбор восстановителя обеспечивает устойчивую глубокую посадку электродов, в связи, с чем снижаются тепловые потери печи через колошник. Кроме того, применение восстановителей с высоким электросопротивлением способствует более благоприятному распределению мощности в ванне печи, увеличивает мощность электрических дуг и снижает мощность, выделяющуюся от прохождения тока в шихте.

Электрический режим рудовосстановительной печи тесно связан с энергосбережением и отражается на использовании вторичных энергорессурсов (ВЭР) и на экологической ситуации предприятия

Материалы и методы

В целях использования новых более дешевых шихтовых материалов и для борьбы с фосфором в готовом металле, а также в целях экономии электроэнергии в цехе № 6 при производстве высокоуглеродистого феррохрома был использован антрацит листвянского месторождения с более низким содержанием фосфора, чем в заринском коксе, применяемом в этом цехе. Антрацит по сравнению с коксом обладает повышенным удельным электросопротивлением, что является его преимуществом По данным АЗФ в таблице 1 приведены результаты химических анализов по содержанию фосфора в этих восстановителях. Так как основным поставщиком фосфора в готовом металле является восстановитель, то меньшее количество фосфора (в среднем на 0,05 %) в коксе весьма значимо для повышения качества выплавляемого феррохрома.

Таблица 1 – Содержания фосфора в опытных углеродистых восстановителях

Наименование	Содержание P, %
Кокс заринский	0,057
Кокс заринский	0,062

Антрацит лиственский	0,012
Антрацит лиственский	0,0079

В таблице 2 приведены результаты анализов золы, летучих, влаги и серы вышеуказанных восстановителей.

Таблица 2 – Содержания золы, летучих, влаги и серы в опытных углеродистых восстановителях

Наименование	A^c	V^{daf}	W^p	$S^{общ}$
Кокс заринский	12,1	1,0	11,4	0,47
Кокс заринский	13,2	1,2	13,1	0,42
Антрацит лиственский	3,6	3,0	7,4	0,17
Антрацит лиственский	3,2	2,0	6,3	0,17

Как видно из таблицы 2, такие важные показатели как количество золы и серы у антрацита лучше. В таблице 3 приведены результаты анализа золы лиственского антрацита.

Таблица 3 – Состав золы лиственского антрацита

Наименование	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3	Fe_2O_3
Антрацит лиственский	50,8	1,63	1,24	32,1	9,22

Для анализа и сравнения работы на лиственском антраците и без него выбрали печь № 64. Антрацит на печь в навеске шихтовых материалов подавали в количестве 50 кг, далее был перерыв в течении 10 дней, когда антрацит не подавался в связи с его отсутствием. При поступлении материала на завод навеска антрацита составила 70 кг. Во II и весь III период испытаний навеска антрацита составляла 100 кг. После работы на навеске антрацита 100 кг содержание фосфора в готовом металле заметно снизилось. В таблицах 4–6 показано содержание фосфора в готовом металле в I период испытаний, когда лиственский антрацит отсутствовал, во II период, когда навеска антрацита была 50 и 70 кг и в III период с навеской антрацита 100 кг. Из данных таблиц 4–6 следует, что во II периоде не произошло заметного снижения фосфора, так как в работе с антрацитом был перерыв: печь 5 суток работала без антрацита. Надо учесть, что печи цеха № 6 большегрузные и соответственно инертные, поэтому потребовалось какое-то время для того, чтобы работа с антрацитом сказалась на составах в готовом металле.

Таблица 4 – Содержание фосфора в готовом металле (январь)

Содержание фосфора, %								Средний анализ,%
0–0,02	0–0,025	0–0,03	0–0,035	0–0,04	0–0,045	0–0,05	> 0,05	
0	3,45	46,21	99,31	100	100	100	100	0,03

Таблица 5 – Содержание фосфора в готовом металле (февраль)

Содержание фосфора, %								Средний анализ,%
0–0,02	0–0,025	0–0,03	0–0,035	0–0,04	0–0,045	0–0,05	> 0,05	
0	1,49	59,7	96,27	100	100	100	100	0,03

Таблица 6 – Содержание фосфора в готовом металле (март)

Содержание фосфора, %								Средний анализ,%
0–0,02	0–0,025	0–0,03	0–0,035	0–0,04	0–0,045	0–0,05	> 0,05	
0	28,13	85,63	100	100	100	100	100	0,027

Еще один положительный технологический и экономический аспект заключается в том, что работа с антрацитом позволяет экономить более дорогостоящий кокс без ущерба для технологического хода печи. Из-за высокой реакционной способности количество загружаемого в печь антрацита полностью заменяет такое же количество кокса. Установлены сравнительные технико-экономические показатели работы печи № 64, а также расход шихтовых материалов и электроэнергии на 1 тонну годного металла при работе без антрацита и с антрацитом в навеске шихтовых материалов (таблица 7).

Таблица 7 – Технико-экономические показатели производства высокоуглеродистого феррохрома с использованием листвянского антрацита

Наименование	Ед. изм.	Печь № 64		
		I период	II период	III период
		Без антрацита	С антрацитом	
Сутки работы фактических		30,79	27,84	30,8
Получено хрома	т	3340,23	3025,8	3381,4
Произведено плавок		188	171	193
Средняя масса плавки	т	17,77	17,69	17,52
Производительность в фактические сутки	т	108,48	108,69	109,79
Фактически использованная Мощность	МВт	31243	30720	30839
Извлечение хрома	%	75,9	76,9	77,4

Удельный расход шихтовых материалов и электроэнергии (на 1 т феррохрома)				
Хромовая руда сухая базовая	кг/т	3591	2422	2851
Хроморудные брикеты	кг/т	260	1377	928
Кокс сухой	кг/т	832	679	519
Уголь	кг/т	16	-	-
Антрацит	кг/т	-	124	373
Восстановитель, всего	кг/т	842	803	888
Хромовые оборотные	кг/т	299	388	388
Металлоконцентрат	кг/т	18	58	0
Электроэнергия	кВт/т	6912	6784	6741

Извлечение хрома и с выборкой и без выборки в марте выше, а удельный расход электроэнергии ниже, чем в январе, когда листвянский антрацит не использовался. Надо отметить, что в марте использовалось больше хромовых оборотных чем в январе и это отразилось на экономии электроэнергии, но не использовался металлоконцентрат, а в январе хоть и в небольшом количестве, но металлоконцетрат использовался. Следовательно, технологически печь стала работать если и не намного лучше, то и не хуже. Что касается экономических затрат, то экономическая выгода при использовании листвянского антрацита очевидна. Согласно технико-экономическим показателям большая доля экономии (~700 тенге) из 1177 тенге на 1 тонну высокоуглеродистого феррохрома приходится на использование антрацита, так как при этом значительно сокращается использование более дорогостоящего кокса.

Выводы

Таким образом, применение антрацита листвянского месторождения в условиях текущего производства при выплавке высокоуглеродистого феррохрома на печи типа РКЗ-63 показало себя с положительной стороны. Использование антрацита в навеске шихтовых материалов в количестве 100 кг не ухудшило технологического хода печи. Загружаемый в печь антрацит заменяет кокс практически 1/1. Низкое содержание фосфора в антраците позволяет получать готовый металл с более низким содержанием фосфора. В процессе использования антрацита идет значительная экономия электроэнергии, к тому же антрацит имеет также низкие содержания золы и серы, что благоприятно для технологического процесса и снижения содержания серы в товарном феррохроме.

Список использованных источников

1 **Святов, Б. А., Кулинич, В. И.** Перспективы диверсификации производственной программы и технического развития Аксуского завода ферросплавов [Текст] // Физико-химические и технологические вопросы металлургического производства Казахстана / Сб. научн. тр. ХМИ им. Ж. Абишева. – Алматы : Искандер, 2002. – Т.30, кн. 2. – С. 282–288.

2 **Zayakin, O. V., Statnykh, R. N., Zhuchkov, V. I.** Study of the Possibility of Obtaining Non-Decomposing Slag During Low-Carbon Ferrochrome Production [Text] // Metallurgist, 2019. Volume 62. Issue 9–10. P. 875–881.

3 **Гриненко, В. И., Поляков, О. И., Гасик, М. И.** Хром Казахстана. – М. : Металлургия, 2001. 416 с.

4 **Абдулабеков, Е. Э., Гриненко, В. И., Избембетов, Д. Д.** Производство хромитовых окатышей для выплавки высокоуглеродистого феррохрома [Текст] // Сталь. 2003. № 5. С. 39–41.

5 **Лякишев, Н. П., Гасик, М. И.** Металлургия хрома. – М. : ЭЛИЗ. – 1999. – 582 с.

6 **Zhunusov, A., Tolymbekova, L., Abdulabekov, Ye., Zholdubayeva, Zh., Bykov, P.** Agglomeration of manganese ores and manganese containing wastes of Kazakhstan [Text] // Metallurgija, 60 (2021) 1–2. – P. 101–103.

7 **Гриненко, В. И., Петлюх, П. С., Такенов, Т. Д. и др.** Освоение технологии выплавки высокоуглеродистого феррохрома с использованием брикетированной мелочи хромитовой руды [Текст] // Сталь, 2001. № 12. С. 28–30.

8 **Samuratov, Ye., Kelamanov, B., Akuov, A., Zhumagaliyev, Ye., Akhmetova, M.** Smelting standard grades of Manganese ferroalloys from agglomerated thermo-magnetic Manganese concentrates [Text] // Metallurgija 59 (2020) 1, 85–88.

9 **Shabanov, E., Izbembetov, D. D., Baisanov, S. O., Shadiev, M. F.** Technology for the production of high-carbon ferrochromium using mono-briquettes [Text] // Izvestiya Ferrous Metallurgy, 2018, 61(9), – P. 702–707.

10 **Akuov, A., Samuratov, Y., Kelamanov, B., Zhumagaliyev, Y., Taizhigitova, M.** Development of an alternative technology for the production of refined ferrochrome [Text] // Metalurgija, 2020. – Vol. 59(4). – P. 529–532.

References

1 **Svıatov, B. A., Kýlınıch, V. I.** Perspektıvy dıversıfıkatsıı proızvodstvennoı programm'y ı tehnıcheskogo razvıtııa Aksýskogo zavoda ferrosplavov [Svyatov B. A., Kulinich V. I. Prospects for diversifying the production program and technical development of the Aksu Ferroalloy Plant] // Fızıko-hımıcheskıe ı tehnologıcheskıe

vopros'y metallýrgıcheskogo proızvodstva Kazahstana [Text] / Sb. naýchn. tr. HMI ım. J. Abısheva. – Almaty : Iskander, 2002. – T.30, kn. 2. – S. 282–288.

2 **Zayakin, O. V., Statnykh, R. N., Zhuchkov, V. I.** Study of the Possibility of Obtaining Non-Decomposing Slag During Low-Carbon Ferrochrome Production [Text] // Metallurgist, 2019. Volume 62. Issue 9–10. P. 875–881.

3 **Grınenko, V. I., Polıakov, O. I., Gasık, M. I.** Hrom Kazahstana. [Grinenko V. I., Polyakov O. I., Gasik M. I. Chrome of Kazakhstan] – M. : Metallýrgııa, [Text] 2001. 416 s.

4 **Abdýlabekov, E. E., Grınenko, V. I., Izbembetov, D. D.** Proızvodstvo hromıtov'yh okat'yshei dlıa v'yplavkı v'ysokoýglerodıstogo ferrohroma [Abdulabekov E. E., Grinenko V. I., Izbembetov D. D. Production of chromite pellets for smelting high-carbon ferrochrome] [Text] // Stal'. 2003. № 5. S. 39–41.

5 **Lıakıshev, N. P., Gasık, M. I.** Metallýrgııa hroma. [Lyakishev N. P., Gasik M. I. Chromium metallurgy] [Text] – M. : ELIZ.– 1999. – 582 s.

6 **Zhunusov, A., Tolymbekova, L., Abdulabekov, Ye., Zholdubayeva, Zh., Bykov, P.** Agglomeration of manganese ores and manganese containing wastes of Kazakhstan [Text] // Metallurgija, 60 (2021) 1-2. – P. 101–103.

7 **Grınenko, V. I., Petlıýh, P. S., Takenov, T. D. ı dr.** Osvoenıe tehnologıı vyplavkı vysokoýglerodıstogo ferrohroma s ıspolzovanıem brıketırovannoı melochı hromıtovoı rýd'y [Grinenko V. I., Petlyukh P. S., Takenov T. D. and others. Mastering the technology of smelting high-carbon ferrochrome using briquetted fines of chromite ore] [Text] // Stal', 2001. № 12. S.28–30.

8 **Samuratov, Ye., Kelamanov, B., Akuov, A., Zhumagaliyev, Ye., Akhmetova, M.** Smelting standard grades of Manganese ferroalloys from agglomerated thermo-magnetic Manganese concentrates // Metallurgija 59 (2020) 1, 85–88.

9 **Shabanov, E., Izbembetov, D. D., Baisanov, S. O., Shadiev, M. F.** Technology for the production of high-carbon ferrochromium using mono-briquettes // Izvestiya Ferrous Metallurgy, 2018, 61(9), – P. 702–707.

10 **Akuov, A., Samuratov, Y., Kelamanov, B., Zhumagaliyev, Y., Taizhigitova, M.** Development of an alternative technology for the production of refined ferrochrome [Text] // Metalurgija, 2020. – Vol. 59(4). – P. 529–532.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

Л. Б. Толымбекова[1], А. М. Толымбеков[2], А. К. Жунусов[3], А. К. Жунусова[4]

Жоғары көміртекті феррохромды балқыту үшін антрацитті қолдануды зерттеу

[1,3,4]Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
[2]«Казхром» ТҰК АҚ Ақсу ферроқорытпа зауыты,
Қазақстан Республикасы, Аксу қ.
Материал баспаға 11.12.20 түсті.

L. B. Tolymbekova[1], A. M. Tolymbekov[2], A. K. Zhunusov[3], A. K. Zhunusova[4]

Research application of anthracite for melting high-carbon ferrochrome

[1,3,4]Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
[2]TNK «Kazchrome» JSC Aksu Ferroalloy Plant,
Republic of Kazakhstan, Aksu.
Material received on 11.12.20.

Бұл мақалада «Казхром» ТҰК АҚ Ақсу ферроқорытпа зауытында (Қазақстан) жоғары көміртекті феррохромды балқыту кезінде ағымдағы өндіріс жағдайында энергия үнемдеу мақсатында кокс орнына антрацитті пайдаланудың тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтарының нәтижелері келтірілген.

Үрдістердің тұрақтылығын төмендетпестен металлургиялық коксты тұтынуды азайту мәселесі барлық қайта бөлуге қатысты, бірақ бастапқы металды өндіру кезеңі үшін өте маңызды. Кокстың минималды шығыны энергияны үнемдеу тұрғысынан да, сонымен қатар қоспаларға жоғары таза металлургиялық жартылай өнімдерді өндіруге байланысты да ұтымды.

Листвянское кен орнының антрацитін РКЗ-63 типті пеште жоғары көміртекті феррохромды балқыту кезінде қазіргі өндіріс жағдайында қолдану оң нәтиже көрсетті. 100 кг мөлшерінде шихта материалдарын антрацитпен іліп пайдалану пештің технологиялық жүрісін нашарлатпады. Пешке жүктелген антрацит коксты шамамен 1/1 алмастырады. Антрациттегі фосфордың төмен мөлшері, фосфор мөлшері аз дайын металды алуға мүмкіндік береді. Антрацитті пайдалану үрдісінде электр энергиясын айтарлықтай үнемдеу жүріп жатыр, сонымен қатар антрациттің құрамында күл мен күкірттің төмен мөлшері бар, бұл технологиялық үрдіске және тауарлық феррохромдағы күкірттің мөлшерін азайтуға қолайлы.

Кілтті сөздер: антрацит, кокс, феррохром, тотықсыздандырғыш.

This article presents the results of pilot tests on the use of anthracite instead of coke, in order to save energy, in the current production conditions when smelting high-carbon ferrochrome at TNK Kazchrome JSC Aksu Ferroalloy Plant (Kazakhstan).

The problem of reducing the consumption of metallurgical coke without reducing the stability of the processes applies to all processing, but is most important for the stage of primary metal production. The minimum consumption of coke is rational both from the point of view of energy saving, as well as due to the production of metallurgical semi-products with high purity in impurities.

The use of anthracite from the Listvyanskoye deposit in the current production conditions when smelting high-carbon ferrochrome on a furnace of the type РКЗ-63 (Ore-smelting furnace) proved to be positive. The anthracite usage in a batch of charge materials in the amount of 100 kg did not make worse the technological course of the furnace. Anthracite loaded into the kiln replaces coke almost 1/1. The low phosphorus content in anthracite makes it possible to obtain a finished metal with a lower phosphorus content. In the process of using anthracite, there is a significant energy saving, in addition, anthracite also has low ash and sulfur contents, which is favorable for the technological process and the reduction of sulfur content in commercial ferrochrome.

Keywords: anthracite, coke, ferrochrome, reducing agent.

Теруге 11.12.2020 ж. жіберілді. Басуға 17.12.2020 ж. қол қойылды.
Электрондық баспа
3,99 Mb RAM
Шартты баспа табағы 26,6. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: А. К. Шукурбаева
Корректор: А. Р. Омарова
Тапсырыс № 3715

Сдано в набор 11.12.2020 г. Подписано в печать 17.12.2020 г.
Электронное издание
3,99 Mb RAM
Усл. печ. л. 26,6. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: А. К. Шукурбаева
Корректор: А. Р. Омарова
Заказ № 3715

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған
«Торайғыров университет»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы
«Торайғыров университет»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
8 (7182) 67-36-69
e-mail: kereku@tou.edu.kz
www.vestnik.tou.edu.kz