

ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО ОГНЕУПОРНОГО БЕТОНА НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Б.Н. Сатбаев¹, А.А. Жарменов², Н.Т. Шалабаев^{1,3}, Д.А. Исагулова³,
А.Ж. Терликбаева², А.Б. Сатбаев¹, С.Б. Сатбаев¹, В.А. Арсентьев⁴, С.В. Ефремова^{2*}

¹Астанинский филиал РГП «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья РК», ул. Т. Байгельдинова, 5-51, Астана, Казахстан

²РГП «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья РК», ул. Жандосова, 67, Алматы, Казахстан

³Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан

⁴НПК «Механообр-Техника», 22-я линия В.О., д. 3, корп. 5, Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Изучено поведение огнеупорного бетона как универсального высокотемпературного футеровочного материала для объектов доменного и анодного производств. Представлены результаты опытно-промышленных испытаний универсального бетона в АО «Арселор-Миттал Темиртау», на Жезказганском медеплавильном заводе ТОО «Казахмыс Смэлтинг», в Усть-Каменогорском металлургическом комплексе ТОО «Казцинк». Установлено, что новый универсальный огнеупорный бетон характеризуется высокими эксплуатационными показателями. Его применение обеспечивает увеличение жизненного цикла металлургических агрегатов при сокращении удельного расхода огнеупоров на единицу выпускаемой металлопродукции.

Ключевые слова: высокотемпературные материалы, огнеупорный бетон, футеровка, доменная печь, анодная печь, черная металлургия, цветная металлургия.

1. Введение

Актуальность вопроса снижения энергетических и тепловых потерь в условиях любого производства, а тем более такого крайне энергозатратного как металлургическое, в последнее время усугубляется из-за сложившейся в мире ситуации с дефицитом энергоресурсов. На фоне этого закономерно возникает задача создания новых высокотемпературных материалов, отличающихся постоянством состава и проявляющих улучшенные эксплуатационные свойства. В приоритете высокие показатели огнеупорности и термостойкости футеровочных материалов, особенно при их использовании в агрессивных средах, а также

соблюдение принципов зеленых технологий производства при обеспечении надлежащего качества продукции [1].

Поставляемые на рынок огнеупоры подразделяются на несколько видов в зависимости от природы используемого сырья, способа производства и физико-химических характеристик [2], которые, соответственно, и определяют их назначение и сферу применения. По данным [3], потребность казахстанской индустрии превышает 400 тыс. т разных видов огнеупоров в год, которые практически в полном объеме импортируются в нашу страну. Наличие спроса и сырьевой базы нацеливает отечественную науку на создание высокотемпературных материалов с улучшенными

**Ответственный автор*
E-mail: s_yefremova@cmrp.kz (Ефремова С.В.)

физическими и химическими свойствами. Причем, в научно-техническом тренде применение не только природных [4], но и, по примеру разных отраслей промышленности, техногенных ресурсов [5-6].

Для получения огнеупоров весьма эффективным явилось создание СВС-технологии – технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза [7-8]. На протяжении ряда лет, в том числе и на основе этой технологии, Астанинский филиал РГП «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» занимается разработкой высокотемпературных материалов нового поколения. Созданы неформованные огнеупорные массы для футеровки агрегатов преимущественно черной металлургии и оборудования химической промышленности [6, 9-10]. Для обоснования не только возможности, но и экономической эффективности организации их местного промышленного производства нужна детальная проработка этого вопроса с проведением многочисленных долгосрочных испытаний в разных индустриальных областях. Кроме того, с научной точки зрения интерес представляет создание универсальных материалов для применения в разных сферах, что усилило бы их практическую значимость и облегчило задачу коммерциализации. В связи с этим целью настоящей работы явилась апробация разработанного огнеупорного бетона как универсального высокотемпературного футеровочного материала для объектов черной и цветной металлургии.

2. Экспериментальная часть

На производственной площадке ОАО «Динур»

(Россия) по технологии Астанинского филиала РГП «НЦКПМС РК» наработана опытная партия универсального бетона. Характеристики универсального бетона представлены в таблице 1.

Перед проведением опытно-промышленных испытаний универсального бетона для футеровки главного желоба доменной печи в АО «Арселор-Миттал Темиртау» (АМТ) произведена зачистка желоба от остатков чугуна, шлака и обезуглероженного остаточного слоя рабочей футеровки. Рабочий слой дна желоба разобран на 50% от общей его толщины. Приготовление универсального бетона осуществляли в смесителе, очищенном от остатков старой массы. В смеситель загружали сухую массу, которую перемешивали в течение 1 мин, и в течение 2 мин подавали воду. Расход количества воды на одну тонну высокотемпературного материала в среднем составил 51 л. Перемешивание огнеупорной массы с водой проводили в течение 3 мин.

Заливку главного желоба доменной печи выполняли двумя смесителями с применением четырех вибраторов – по два с каждой стороны желоба (рис. 1а). Во время заливки температура окружающей среды была в пределах $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, внутренней поверхности главного желоба – $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$, огнеупорной смеси – $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$, воды для приготовления бетона – $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и готового поданного в желоб бетона – $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Количество залитого бетона составило 74 т. Заливка желоба осуществлялась от скиммера к печи. После завершения заливки для создания положительной температуры в шаблон были установлены горелки с малым факелом газа (рис. 1б). Выдержка в шаблоне составила 72 ч. Длительный промежуток времени выдержки в шаблоне вызван тем, что в огнеупорную смесь, предназначенную для первичной

Таблица 1.

Характеристики универсального огнеупорного бетона

Показатель	Норма
Массовая доля на прокаленное вещество, %:	
Al ₂ O ₃ , не менее	55,0
Fe ₂ O ₃ , не более	1,5
CaO, не более	2,0
Массовая доля SiC, %, не менее	28,0
Предел прочности при сжатии после термообработки при 1000 °С, Н/мм ² , не менее	50
Кажущаяся плотность после термообработки при 1000 °С, т/см ³ , не менее	2,75
Зерновой состав, %:	
остаток на сетке №6	7-13
проход через сетку №0063	28-34

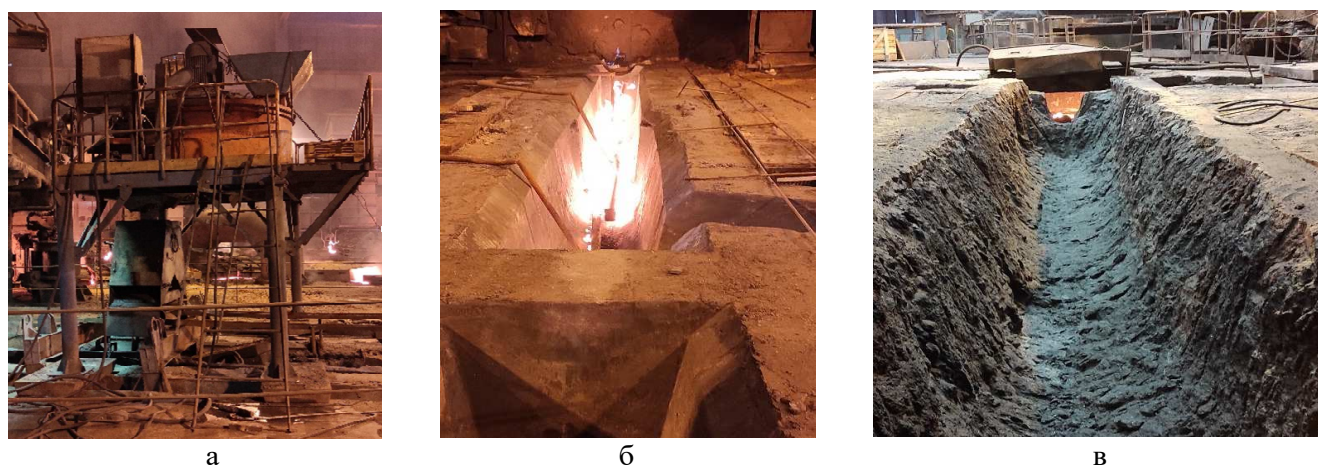


Рис. 1. Главный желоб доменной печи в АМТ: а – заливка; б – сушка; в – промежуточный ремонт.

заливки, была введена добавка, применяемая для заливки желоба, с температурой остаточной футеровки от 50 °С и выше, чтобы предотвратить быстрое схватывание бетона во время заливки и, соответственно, расслоение массы между замесами.

Промежуточный ремонт методом торкретирования выполняли дважды с использованием торкрет массы фирмы «Seven» в количестве 6 и 4,5 т, которую подавали машиной марки Uelzener Maschinen GmbH (Германия).

Для промежуточного ремонта методом подливки использовали разработанный универсальный бетон в количестве 29 т. Технология выполнения ремонта подливкой аналогична технологии выполнения заливки главного желоба (рис. 1в). Бетон подавали одним смесителем с применением четырех вибраторов – по два с каждой стороны желоба. Количество воды на одну тонну сухой массы в среднем составило 53 л. Во время заливки температура окружающей среды составляла -6 °С, внутренней поверхности главного желоба – -2 °С, огнеупорной смеси – +6 °С, воды для приготовления бетона – +10 °С и готового поданного в желоб бетона – +5 °С. Заливка осуществлялась в четыре точки центральной части желоба. После завершения заливки для создания положительной температуры в шаблон были установлены горелки с малым факелом газа. Выдержка в шаблоне составила 37 ч, что объясняется низкой температурой остаточной рабочей футеровки главного желоба.

Для заливки горловины анодной печи на анодном участке плавильного цеха Жезказганского медеплавильного завода ТОО «Казахмыс Смэлтинг» (ЖМЗ) на завод была поставлена опытная партия универсального бетона в количестве 3 т.

Футеровочные работы выполнялись в соответствии с технологической инструкцией по ремонту печи, принятой на ЖМЗ. Универсальный бетон апробировали для выполнения футеровки приемного желоба анодной печи Усть-Каменогорского металлургического комплекса ТОО «Казцинк» (УК МК) согласно требованиям, действующим на предприятии.

3. Результаты и их обсуждение

3.1 Тестирование универсального бетона на объектах черной металлургии

После заливки главного желоба доменной печи в АМТ расслоения массы и наличия раковин глубже 15 мм не наблюдалось. Состояние рабочей поверхности главного желоба характеризовалось как удовлетворительное. Желоб был поставлен на сушку до 600 °С в соответствии с согласованным графиком. Замечаний по заливке и сушке главного желоба не отмечалось.

Толщина залитого рабочего слоя главного желоба доменной печи составила:

- дно в первой половине желоба от печи – 150-200 мм;
- дно во второй половине желоба от печи – 250 мм;
- стены в первой половине желоба от печи – 500-550 мм;
- стены во второй половине желоба от печи – 420-450 мм.

После готовности главный желоб доменной печи был введен в эксплуатацию. Спустя 27 дней, в соответствии с утвержденным графиком эксплуатации главного желоба, на стойкости 83653 т пропущенного чугуна был произведен

промежуточный ремонт методом торкретирования. По истечении 7 дней главный желоб доменной печи был пущен в эксплуатацию. Через 10 дней, на стойкости 115978,5 т пропущенного чугуна, желоб выведен на промежуточный ремонт по причине необходимости проведения ремонта транспортных и качающихся желобов.

Осмотр главного желоба показал, что поверхность рабочей футеровки в удовлетворительном состоянии и имеет два уровня износа:

- первый уровень в зоне шлакового пояса, максимальный износ в зоне падения струи глубиной 280 мм от первоначальной толщины стены 520 мм;
- второй уровень в зоне стыка чугуна и шлака, максимальный износ в зоне падения струи глубиной 170 мм от первоначальной толщины стены 530 мм.

После промежуточного ремонта методом подливки расслоения массы и наличия раковин глубже 20 мм не наблюдалось. Состояние рабочей поверхности главного желоба характеризовалось как удовлетворительное. Желоб был поставлен на сушку в соответствии с согласованным графиком. После готовности главный желоб доменной печи был введен в эксплуатацию. По истечении 20 дней, на стойкости 185514,4 т пропущенного чугуна, произведен промежуточный ремонт методом торкретирования. Через 23 дня эксплуатации печи главный желоб, на стойкости 231592,9 т пропущенного чугуна, был остановлен на ремонт (испытания завершены). Желоб выведен из эксплуатации по причине схождения ремонтов двух главных желобов. Максимальная температура металлического кожуха главного желоба доменной печи перед выводом из эксплуатации составила 220 °С.

При осмотре желоба отмечено удовлетворительное состояние, износ рабочего слоя был равномерный, вертикальных трещин не обнаружено. Остаточная рабочая футеровка главного желоба имеет два уровня износа:

- первый уровень в зоне шлакового пояса, максимальный износ в зоне падения струи глубиной 265 мм от первоначальной толщины стены 520 мм;
- второй уровень в зоне стыка чугуна и шлака, максимальный износ в зоне падения струи глубиной 165 мм от первоначальной толщины стены 530 мм.

Гарантируемые и фактические эксплуатационные показатели универсального бетона в период опытно-промышленных испытаний приведены в таблицах 2-3, из данных которых видно, что стойкость футеровки главного желоба при использовании нового бетона составила 231592,9 т пропущенного чугуна при гарантированной стойкости 200000 т. При этом фактический расход тестируемого бетона был на 4,5 т меньше гарантируемого расхода. Высокая стойкость и уменьшенный расход огнеупорного материала привели к снижению удельного расхода с 0,590 кг/т чугуна до 0,491 кг/т чугуна.

3.2 Тестирование универсального бетона на объектах цветной металлургии

В целях проверки возможности применения универсального бетона на предприятиях цветной металлургии были проведены опытно-промышленные испытания на Жезказганском медеплавильном заводе ТОО «Казахмыс Смэлтинг» и в Усть-Каменогорском металлургическом комплексе ТОО «Казцинк».

Таблица 2.

Гарантируемые показатели универсального огнеупорного бетона при футеровке главного желоба доменной печи АМТ

Вид ремонта	Рабочий слой			Расход массы	Кол-во чугуна от начала кампании, т	Уд. расход за кампанию, кг/т чугуна
	Универсальный бетон	ВГМН-27	Торкрет масса «Seven»			
Первоначальная заливка, т	74	2		76		
Торкретирование, т			5	81	60000,00	1,350
Подливка, т	30		2	113	110000,00	1,027
Торкретирование, т			5	118	160000,00	0,738
ИТОГО, т	104	2	12	118		0,590
В том числе:	первоначальная подливка			76	200000,00	0,380
	текущие ремонты			42		0,210

Таблица 3.

Фактические показатели универсального огнеупорного бетона при футеровке главного желоба доменной печи АМТ

Вид ремонта	Рабочий слой			Расход массы	Кол-во чугуна от начала кампании, т	Удельный расход за кампанию, кг/т чугуна
	Универсальный бетон	ВГМН-27	Торкрет масса «Seven»			
Первоначальная заливка, т	74			74		
Торкретирование, т			6	80	83653,00	0,956
Подливка, т	29			109	115978,00	0,940
Торкретирование, т			4,5	113,5	185514,40	0,612
ИТОГО, т	103		10,5	113,5		0,491
В том числе:	первоначальная подливка			74	231592,90	0,320
	текущие ремонты			39,5		0,171

Заливку горловины анодной печи на анодном участке плавильного цеха ЖМЗ (рис. 2) выполняли согласно действующей на заводе инструкции. После разогрева в течение 6 дней анодная печь вышла на рабочий режим. В результате работы в течение 30 дней было проведено 36 анодных плавок, загружено 1602 т холодного сырья.

При визуальном осмотре горловины анодной печи установлено, что футеровка повреждений не имеет и удовлетворяет требованиям ЖМЗ для дальнейшей работы печи. Продолжительность испытаний составила 2,5 месяца. За этот период были произведены 83 анодные плавки с загрузкой 17430 т холодного сырья. Полученные данные позволяют заключить, что универсальный бетон годен для футеровки горловины анодных печей.

Универсальный бетон также применяли при выполнении футеровки приемного желоба анодной печи УК МК (рис. 3). После заливки бетона желоб находился на сушке 7 дней (рис. 4) и такой же период времени – на разогреве. В ходе испытаний (чуть более 50 дней) было произведено 44 операции по розливу анодной меди. Результаты подтвердили пригодность нового огнеупорного материала для бетонирования приемных желобов анодных печей УК МК, что нашло отражение в Акте опытно-промышленных испытаний.

Единственная проблема при использовании нового универсального бетона для футеровки приемного желоба анодной печи заключалась в увеличении периодов его сушки и разогрева. Длительность этих операций влечет за собой увеличение расхода дизельного топлива для горелок. Однако, в настоящее время вопрос об их сокращении уже находится на стадии положительного решения.



Рис. 2. Анодная печь (Жезказганский медеплавильный завод ТОО «Казахмыс Смэлтинг»)



Рис. 3. Заливка приемного желоба анодной печи (Усть-Каменогорский металлургический комплекс ТОО «Казцинк»)

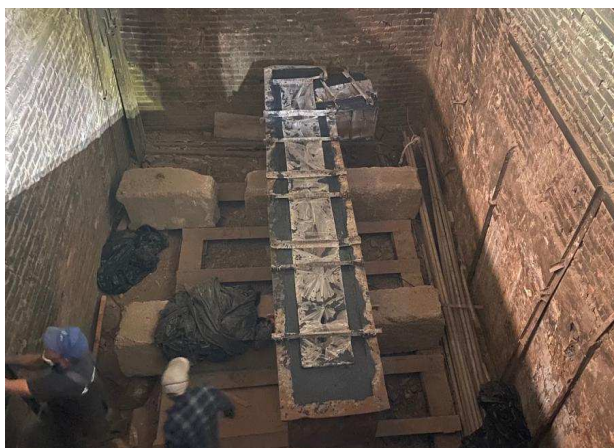


Рис. 4. Сушка приемного желоба анодной печи (Усть-Каменогорский металлургический комплекс ТОО «Казцинк»)

4. Заключение

Выполнены опытно-промышленные испытания универсального огнеупорного бетона для футеровки производственных объектов черной и цветной металлургии. Продемонстрирована перспектива использования нового высокотемпературного материала для заливки желобов доменной и анодной печей и бетонирования горловины анодных печей. Применение универсального огнеупорного бетона способствует увеличению срока службы металлургических агрегатов, сокращению эксплуатационных расходов и, в конечном итоге, получению экономического эффекта. Универсальный огнеупорный бетон рекомендован к применению на металлургических предприятиях.

Литература

- [1]. Kukartsev V.A., Cherepanov A.I., Kukartsev V.V., Tynchenko V.S., Bukhtoyarov, V.V., Popov A.M., Sergienko R.B., Tynchenko S.V. X-ray diffraction phase analysis of changes in the lattice of Pervouralsk quartzite upon heating // *Minerals*. – 2022. – № 12. – P.233.
- [2]. Thang N.H. Novel porous refractory synthesized from diatomaceous earth and rice husk ash // *Journal of Polymer & Composites*. – 2020. – 8(2). – P.4295.
- [3]. Сатбаев Б., Кокетаев А., Аймабетова Э., Шалабаев Н., Сатбаев А., Садетова Ж. Новые виды высокотемпературных алюмосиликатных материалов для предприятий черной металлургии // *Промышленность Казахстана*. – 2018. – № 3(104). – С. 28-30.
- [4]. Бирюкова А.А., Тихонова Т.А., Меркибаев

Е.С., Хабас Т.А., Погребенков В.М. Синтез кордиеритомуллитовой керамики с заданным фазовым составом на основе сырья Казахстана // *Комплексное использование минерального сырья*. – 2016. – № 2. – С. 88-94.

- [5]. Kolesnikov A.S., Serikbaev B.E., Zolkin A.L., Kenzhibayeva G.S., Isaev G.I., Botabaev N.E., Shapalov Sh.K., Kolesnikova O.G., Iztleuov G.M., Suigenbayeva A.Zh., Kutzhanova A.N., Asylbekova D.D., Ashirbaev Kh.A., Alchinbaeva O.Z., Kolesnikova V.A. Processing of non-ferrous metallurgy waste slag for its complex recovery as a secondary mineral raw material // *Refractories and Industrial Ceramics*. – 2021. – Vol. 62(4). – P. 375-380.
- [6]. Satbaev B.N., Koketaev A.I., Aimbetova E.O., Shalabaev N.T., Satbaev A.B. Environmental technology for the integrated disposal of man-made wastes of the metallurgical industry: self-curing, chemically resistant refractory mass // *Refractories and Industrial Ceramics*. – 2019. – Vol. 60. – P. 318-322.
- [7]. SHS-composite materials: multi-authored monograph / Z.A. Mansurov, A.G. Merzhanov, G.I. Ksandopulo, A.N. Baideldinova et al.; ed. by prof. Z.A. Mansurov. – Almaty: Qazaq University, 2017. – 340 p.
- [8]. Fomenko S.M., Dilmuhambetov E.E., Mansurov Z.A. Technology of refractory materials based on SHS in metal oxide systems // *Smart Ceramics: Taylor&Francis Group*. – 2018. – 44 p.
- [9]. Satbaev B.N., Nurumgaliev A.K., Shishkin Y.I., Aimbetova E.O., Shalabaev N.T., Satbaev A.B. High temperature and wear resistant materials with improved operating properties // *Refractories and Industrial Ceramics*. – 2020. – Vol.61. – P. 86-89.
- [10]. Satbaev B.N., Koketaev A.I., Aimbetova E.O., Berdikulova F.A., Shalabaev N.T., Satbaev A.B. Production of chemically resistant refractory concrete mixes from metallurgical waste and their physical and chemical properties // *Refractories and Industrial Ceramics*. – 2021. – Vol. 61. – P. 484-486.

References

- [1]. Kukartsev VA, Cherepanov AI, Kukartsev VV, Tynchenko VS, Bukhtoyarov VV, Popov AM, Sergienko RB, Tynchenko SV (2022) *Minerals* 12:233. DOI:10.3390/min12020233
- [2]. Thang NH (2020) *J. Polymer & Composites* 8(2): 4295. DOI: 10.37591/jopc.v8i2.4295
- [3]. Satbaev B, Koketaev A, Aimbetova E, Shalabaev N, Satbaev A, Sadetova Zh (2018) *Industry of Kazakhstan [Promyshlenost Kazahstana]* 3(104):28-30. (in Russian)

- [4]. Biryukova AA, Tihonova TA, Merkibaev EC, Habas TA, Pogrebenkov VM (2016) Complex use of mineral resources [Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'a] 2:88-94. (in Russian)
- [5]. Kolesnikov AS, Serikbaev BE, Zolkin AL, Kenzhibaeva GS, Isaev GI, Botabaev NE, Shapalov ShK, Kolesnikova OG, Iztleuov GM, Suigenbayeva AZh, Kutzhanova AN, Asylbekova DD, Ashirbaev KhA, Alchinbaeva OZ, Kolesnikova VA (2021) Refract. Ind. Ceram. 62(4):375-380. DOI:10.1007/s11148-021-00611-7
- [6]. Satbaev BN, Koketaev AI, Aimbetova EO, Shalabaev NT, Satbaev AB (2019) Refract. Ind. Ceram. 60:318-322. DOI: 10.1007/s11148-019-00360-8
- [7]. Mansurov ZA, Merzhanov AG, Ksandopulo GI, Baideldinova AN et al. (2017) SHS-composite materials: multi-authored monograph. Qazaq University, Almaty, Kazakhstan. ISBN 978-601-04-2558-3
- [8]. Fomenko SM, Dilmuhambetov EE, Mansurov ZA (2018) Smart Ceramics. Taylor&Francis Group. eBook ISBN 9781315163598
- [9]. Satbaev BN, Nurumgaliev AK, Shishkin YI, Aimbetova EO, Shalabaev NT, Satbaev AB (2020) Refract. Ind. Ceram. 61:86-89. DOI: 10.1007/s11148-020-00435-x
- [10]. Satbaev BN, Koketaev AI, Aimbetova EO, Berdikulova FA, Shalabaev NT, Satbaev AB (2021) Refract. Ind. Ceram. 61:484-486. DOI: 10.1007/s11148-021-00507-6

Pilot tests of universal refractory concrete at metallurgical enterprises of the Republic of Kazakhstan

B.N. Satbaev¹, A.A. Zharmenov², N.T. Shalabaev^{1,3}, D.A. Isagulova³, A.Zh. Terlikbayeva², A.B. Satbaev¹, S.B. Satbaev¹, V.A. Arsentiev⁴, S.V. Yefremova^{2*}

¹Astana Branch of National Center on Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan RSE, 5-51, T. Baigeldinov Str., Astana, Kazakhstan

²National Center on Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan RSE, 67, Zhandossov Str., Almaty, Kazakhstan

³Abylqas Saginov Karaganda Technical University, 56, N. Nazarbayev Ave., Karaganda, Kazakhstan

⁴Research & Engineering Corporation “Mekhanobr-Tekhnika”, 3, bld. 5, 22nd line, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

Behavior of a refractory concrete as an universal high-temperature lining material for objects of blast furnace and anode production was studied. Results of

pilot tests carried out in ArcelorMittal Temirtau JSC, at the Zhezkazgan copper smelter of Kazakhmys Smelting LLP, at the Ust-Kamenogorsk metallurgical complex of Kazzinc LLP are shown. It was determined that the new universal refractory concrete has high performance. Its application provides an increase in the life cycle of metallurgical units while reducing the specific consumption per unit of metal products produced.

Key words: high-temperature materials, refractory concrete, lining, blast furnace, anode furnace, ferrous metallurgy, non-ferrous metallurgy.

Қазақстан Республикасының металлургиялық кәсіпорындарында әмбебап отқа төзімді бетонды тәжірибелік-өнеркәсіптік сынау

Б.Н. Сәтбаев¹, Ә.А. Жәрменов², Н.Т. Шалабаев^{1,3}, Д.А. Исағұлова³, А.Ж. Терлікбаева², А.Б. Сәтбаев¹, С.Б. Сәтбаев¹, В.А. Арсентьев⁴, С.В. Ефремова^{2*}

¹«Қазақстан Республикасының минералды шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі ұлттық орталығы» РМК Астаналық филиалы, Т. Байгелдинов көш., 5-51, Астана, Қазақстан

²«Қазақстан Республикасының минералды шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі ұлттық орталығы» РМК, Жандосов көш., 67, Алматы, Қазақстан

³Әбілқас Сағынов атындағы қарағанды техникалық университеті, Н. Назарбаев даң., 56, Қарағанды, Қазақстан

⁴«Механобр-Техника» ҒӨК, 22-ші линия В.О. 3 үй, 5, Санкт-Петербург, Ресей

АНДАТПА

Домна және анодты өндіріс нысандары үшін әмбебап жоғары температуралы шегендеу материалы ретінде отқа төзімді бетонның әрекеті зерттелді. Әмбебап бетонның тәжірибелік-өнеркәсіптік сынау нәтижелері «АрселорМиттал Теміртау» АҚ-на, Жезқазған мыс балқыту зауытындағы «Қазақмыс Смэлтинг» ЖШС-ға, Өскемен металлургия кешеніндегі «Казцинк» ЖШС-ға ұсынылды. Жаңа әмбебап отқа төзімді бетон жоғары өнімділікпен сипатталатыны анықталды. Оны қолдану металлургиялық агрегаттардың өмірлік циклін ұзартады, бұл кезде шығарылатын металл өнімдерінің бірлігіне шаққандағы шығын азаяды.

Кілтті сөздер: жоғары температуралы материалдар, отқа төзімді бетон, шегендеу, домна пеш, анодты пеш, қара металлургия, түсті металлургия.