

А.А. БИРЮКОВА*, Т.А. ТИХОНОВА, А.В. БОРОНИНА, А.А. МАМАЕВА

АО «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения», Алматы, *biryuk.silikat@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ОТХОДОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОГНЕУПОРНЫХ БЕТОНОВ

В статье приведены результаты исследования отходов черной металлургии, в частности шлаков производства высокоуглеродистого феррохрома в качестве сырья для получения огнеупорных и жаростойких бетонов. Огнеупорные и жаростойкие бетоны состоят из заполнителя, представленного шлаком фракционного состава (мм, %): 3-1 - 40; 1-0,5 - 10; 0,5 - 0,063 - 20 и вяжущего, содержащего огнеупорный цемент и химическую связку. В качестве огнеупорного цемента в работе были использованы периклазовый порошок, смесь периклазового порошка и шлака в соотношении 1:1 и шлак. Химической связкой служил раствор полифосфата натрия плотностью 1,36 г/см³. Огнеупорные и жаростойкие бетоны магнезиальносиликатного состава изготовлены методом трамбования с дополнительным уплотнением на вибростоле. Получены магнезиальносиликатные бетоны из шлака производства высокоуглеродистого феррохрома с температурой эксплуатации от 1300 до 1650 °С, механической прочностью при сжатии после термообработки образцов - 38-45 Н/мм². Опытные магнезиальносиликатные бетоны могут быть использованы для футеровки металлургических, химических, цементных и других теплотехнических установок.

Ключевые слова: шлак производства высокоуглеродистого феррохрома, прочность при сжатии, открытая пористость, огнеупорность, спекание, температура службы, плотность

Введение. В последние годы в мировой практике наблюдается тенденция к уменьшению энергозатрат при производстве огнеупорных материалов.

В этой связи производство и применение огнеупорных и жаростойких бетонов становится одним из прогрессивных и энергосберегающих направлений в развитии огнеупорной промышленности и печестроения. При производстве изделий из бетонных масс отпадает необходимость в обжиге - самом дорогом переделе производства огнеупоров. Открываются перспективы замены большемерных и сложных фасонных изделий огнеупорными и жаростойкими бетонами [1-4].

Огнеупорные бетоны представляют собой безобжиговые формованные и неформованные материалы: блоки, бруссы, фасонные изделия, набивные массы, мертели и растворы [1, 3, 5-7]. Организация производства огнеупорных и жаростойких бетонов возможна на любом действующем предприятии, так как не требует применения сложного оборудования, а, следовательно, и значительных капитальных вложений.

Эксплуатационные свойства огнеупорные и жаростойкие бетоны приобретают в процессе формирования фазового состава и структуры при твердении в естественных условиях и затем непосредственно при эксплуатации в теплотехническом агрегате.

Практически можно получить бетонные изделия любого состава в зависимости от применяемых

исходных материалов, однако особое место в этом множестве принадлежит магнезиальным бетонам (периклазовые, периклазошпинельные, магнезиальносиликатные), перспективность использования которых предусматривается в агрегатах черной и цветной металлургии, цементной и строительной индустрии, химической и нефтехимической отраслях промышленности [8-12]. Для производства магнезиальных бетонов можно использовать целый ряд природных и синтетических магнезиальных (периклазосодержащих) материалов. Однако особенно важным и экономически выгодным является изучение и использование вторичного сырья и техногенных отходов металлургических, химических и других производств, которых в настоящее время накопилось миллионы тонн, занимающих огромные площади и загрязняющих окружающую среду. Исходя из вышеизложенного, представленная работа по изучению отходов черной металлургии является привлекательной и актуальной. Целью представленной работы является получение магнезиальносиликатного бетона на основе шлака производства высокоуглеродистого феррохрома.

Экспериментальная часть. Технология получения бетонов на основе шлака производства высокоуглеродистого феррохрома включала операции дробления, измельчения шлака с последующим фракционированием порошков до заданного размера.

Шихта для получения бетонных образцов состояла из заполнителя и вяжущего, представленного смесью цемента и полифосфата натрия.

В качестве заполнителя был использован шлак производства высокоуглеродистого феррохрома Актюбинского завода ферросплавов с фракционным составом (мм, %) 3-1 - 40; 1-0,5 - 10; 0,5 – 0,063 - 20.

Цементом служил периклазовый порошок, смесь периклазового порошка и шлака в соотношении 1:1 или шлак фракции менее 0,063 мм в количестве 30 % от состава шихты.

Химической связкой служил раствор полифосфата натрия плотностью 1,36 г/см³.

Бетонную массу готовили в лабораторном лопастном смесителе. Вначале загружали наполнитель, приливали 10-11% раствора полифосфата натрия сверх 100% шихты, перемешивали до полного обволакивания зерен заполнителя, затем добавляли цемент и вновь перемешивали до получения однородной массы.

Бетонные образцы в виде кубов размером 100 x 100 x 100 мм были изготовлены методом трамбования бетонной массы в металлические формы с дополнительным уплотнением на вибростоле в течение 1-2 минут. Отформованные образцы выдерживали в естественных условиях в течение 10–12 часов, затем расформовывали и оставляли для формирования фазового состава и структуры бетона в нормальных условиях твердения в течение 7 суток. Часть образцов сушили при температуре 150 °С, часть - обжигали в интервале 200–1600 °С с целью определения интервала температур разупрочнения бетона.

Образцы бетона после естественной сушки и термообработки подвергали испытаниям для определения технических свойств.

Химико-минералогический состав исходных материалов и опытных бетонных образцов исследовали с применением химического, микроскопического и рентгеноструктурного методов анализа.

Микроскопические исследования проб проводились под микроскопами МИН-8 и OLYMPUS в проходящем свете в иммерсионной среде и в полированных шлифах в отраженном свете с помощью программы Stream Basic R. Рентгеноструктурный анализ проводился на дифрактометре D8 Advance (BRUKER), излучение α -Cu.

Технические свойства опытных бетонов опре-

деляли с применением методов согласно требованиям ГОСТ на данный вид продукции.

Химические составы исходных материалов приведены в таблице 1.

Периклазовый порошок представлен основным минералом – периклазом с обычными для него оптическими константами и незначительным количеством (2-5 %) магнезиальнокальциевых силикатов (монтichelлит, мервинит).

Шлак производства высокоуглеродистого феррохрома представлен материалом фракции 0-25 мм. Основным минералом шлака является форстерит, содержащий в своей решетке незначительное количество катионов железа. В составе шлака находится до 10-15 % шпинельной фазы сложного состава, типа $Mg(Al, Cr, Fe)_2O_4$. В шлаках присутствует до 5 % металлической фазы. В работе использован шлак, предварительно очищенный от металлических включений магнитной сепарацией.

Состав и свойства бетонных образцов приведены в таблице 2 и на рисунке 1.

Обсуждение результатов Процесс формирования огнеупорных и жаростойких бетонов на фосфатных связках представляет собой совокупность процессов твердения, упрочнения и спекания бетонов [13].

Формирование структуры бетона, следствием которого является прочность образцов, начинается в естественных условиях твердения и продолжается под воздействием высоких температур при эксплуатации в тепловых агрегатах.

Твердение (упрочнение) магнезиальносиликатных бетонов на основе шлака обусловлено химическим и адгезионным взаимодействием полифосфата натрия с поверхностью заполнителя и цементов после их изготовления и хранения в естественных условиях.

Преобладание химического или адгезионного взаимодействия определяется химическим и фазовым составом, степенью активности заполнителя и цемента.

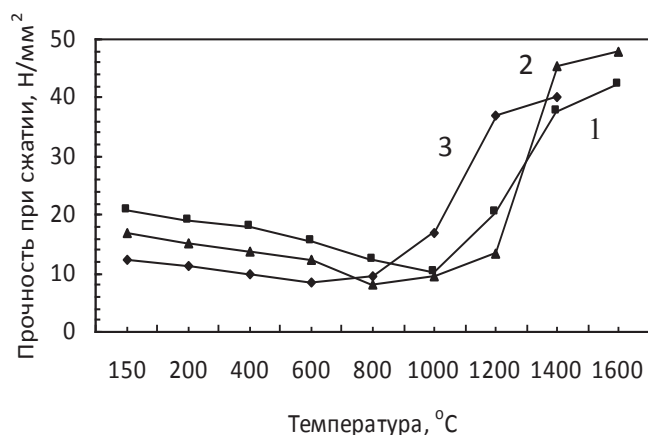
Так как проектируемый бетон имеет во всех случаях один и тот же заполнитель (шлак), то его эксплуатационные свойства в значительной мере будут зависеть от состава огнеупорного цемента.

Таблица 1 - Химический состав исходных материалов

Наименование	Массовая доля компонентов, масс. %						
	MgO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	CaO	m _{ПРК}
Периклазовый порошок	91,0	3,2	1,8	0,8	-	2,2	1,0
Шлак производства высокоуглеродистого феррохрома	42,8	31,6	3,1	15,0	5,2	2,2	0,1

Таблица 2 - Свойства бетонных образцов на основе шлака производства высокоуглеродистого феррохрома

Наименование цемента	Температура обработки, °C	Линейная усадка, %	Открытая пористость, %	Предел прочности при сжатии, Н/мм ²	Термостойкость, т/смен	Температура службы, °C	Огнеупорность, °C
1 Периклазовый	7 суток (23°C) 150 1400	-0,8 0,0 0,0	- - 21,4	19,8 20,7 37,6	12	1500-1600	>1700
2 Периклазо-шлаковый	7 суток (23°C) 150 1400	-0,9 -0,3 -1,2	- - 19,1	15,9 17,0 45,3	13	1400-1500	1700
3 Шлаковый	7 суток (23°C) 150 1400	-0,3 0,0 -1,0	- - 17,7	11,8 12,4 40,1	11	1300-1400	1600

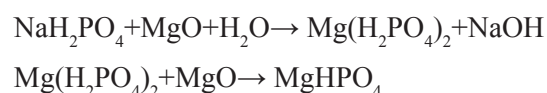


1 - периклазовый, 2- периклазошлаковый, 3 - шлаковый

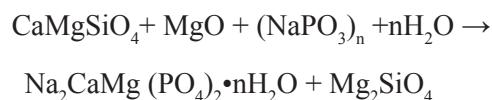
Рисунок 1 - Изменение механической прочности бетонов на основе шлака при их термообработке в интервале 200-1600°C

В ходе экспериментов выявлено, что образцы бетона независимо от вида цемента приобретают транспортабельную прочность (более 10 Н/мм²) уже после 7-ми суточной выдержки в естественных условиях (таблица 2). Однако механическая прочность при сжатии образцов, содержащих периклазовый цемент (таблица 2, шихты 1-2) выше, чем у образцов с периклазошлаковым и шлаковым цементами (таблица 2, шихты 2 и 3).

Это можно объяснить тем, что при изготовлении образцов из бетонной массы, содержащей композицию периклазовый цемент – раствор полифосфата натрия, присутствующий в растворе NaH_2PO_4 вступает во взаимодействие с оксидом магния цемента с образованием кислых солей магния по схеме:



Кроме того, в периклазовом цементе присутствует минерал монтichelлит, который вероятно также взаимодействует с полифосфатом натрия по схеме:



Образование новых сложных гидрофосфатных соединений магния и кальция обуславливает повышение прочности бетона на основе шлака уже в естественных условиях хранения. Так, например, образцы периклазового вяжущего после 7-ми суток твердения имеют прочность 19-20 Н/мм², в то время как с периклазошлаковым или шлаковым цементами – 12-15 Н/мм². Это говорит о том, что вяжущие, представленные системой периклазошлаковый или шлаковый цемент - раствор полифосфата натрия, химически менее активны при твердении в естественных условиях хранения, хотя все вышеперечисленные процессы имеют место быть, но в меньшей степени.

Термообработка образцов всех составов независимо от вида цемента в интервале 200-1400 °C влечет за собой дальнейшие структурно-фазовые изменения в бетоне.

Удаление физически и химически связанной воды из продуктов твердения приводит к образованию безводной однозамещенной аморфной фазы гидрофосфата магния (MgHPO_4), из которой в интервале 900-1000 °C кристаллизуется $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$.

В этом же температурном интервале происходит дегидратация вышеобразованных сложных гидрофосфатных соединений магния и кальция с появлением $\text{Na}_2\text{CaP}_2\text{O}_7$, который совместно с MgO образует сложное соединение брианит $\text{Na}_2\text{CaMg}(\text{PO}_4)_2$. Присутствие последнего подтверждает рентгенофазовый анализ продуктов обжига набором характерных для него линий (2,67; 3,71; 2,60; 2,21 нм) на дифрактограмме.

Вышеуказанные процессы, отмеченные при термообработке образцов магнезиальносиликатного состава на основе шлака, вызывают некоторое разупрочнение бетона в интервале 400-1000 °С (рисунок 1).

Увеличение температуры обжига выше 1000 °С способствует началу кристаллизации аморфных фаз, прочность образцов при этом повышается.

При температуре выше 1200 °С вследствие появления легкоплавких фаз образуется некоторое количество расплава, способствующего спеканию и дальнейшему упрочнению структуры цементного камня. Отмечено, что образцы бетона со шлаковым цементом после обжига при температуре 1200-1400 °С имеют более высокую механическую прочность при сжатии, чем образцы с цементом, содержащим в своем составе периклаз (рисунок 1). Это говорит о том, что периклазовые и периклазошлаковые композиции спекаются при более высокой температуре, чем шлаковые.

Процесс нарастания прочности и уплотнения образцов, содержащих периклазовый и периклазошлаковый цементы, происходит вплоть до 1600 °С.

В области высоких температур (1500 °С и выше) происходит разложение образованных фосфорсодержащих соединений с возгонкой фосфатных групп (P_2O_5) и в продуктах обжига остаются только высокоогнеупорные фазы [9]. Огнеупорность бетона, содержащего периклазовый цемент, составляет более 1700 °С. Бетон такого состава при термообработке проявляет незначительную усадку. Температура службы его составляет 1500-1600 °С.

Присутствие шлака в цементе снижает огнеупорность вяжущего с использованием полифосфата натрия, в силу того, что значительное количество примесных минералов, содержащихся в шлаке, взаимодействуют с полифосфатным раствором с образованием новых соединений при твердении бетона в естественных условиях. В процессе термообработки образцов таких составов отмечено образование значительного количества соединений с низкой температурой плавления (брианит, фосфаты кремния), что влечет за собой появление низкоплавких эвтектик и в целом снижает

огнеупорные свойства магнезиальносиликатного бетона с применением шлака в цементе. Выявлено, что чем больше содержание шлака в цементе, тем ниже огнеупорность бетона.

При термообработке образцов с периклазошлаковым цементом установлено разупрочнение бетона в том же температурном интервале, что и вышеуказанные образцы. Прочность бетона после обжига при температуре 1400 °С составляет 45,3 Н/мм², огнеупорность - 1700 °С, усадка 1,2%, температура его службы - 1400-1500 °С.

Образцы магнезиальносиликатного бетона состава 3, содержащего в качестве цемента шлак, обладают более низкими огнеупорными свойствами по сравнению с бетоном состава 1 и 2 (таблица 2). Огнеупорность бетона указанного состава не превышает 1600 °С, температура службы его составляет 1300-1400 °С. Прочность при сжатии образцов, термообработанных при температуре 1400 °С, достаточно высока и составляет - 40,1 Н/мм², что говорит о хорошем спекании, уплотнении и упрочнении структуры бетона в процессе обжига с участием расплава. Дальнейшее повышение температуры обжига выше 1400 °С вызывает деформацию образцов, повышение плотности и снижение прочности бетона при сжатии.

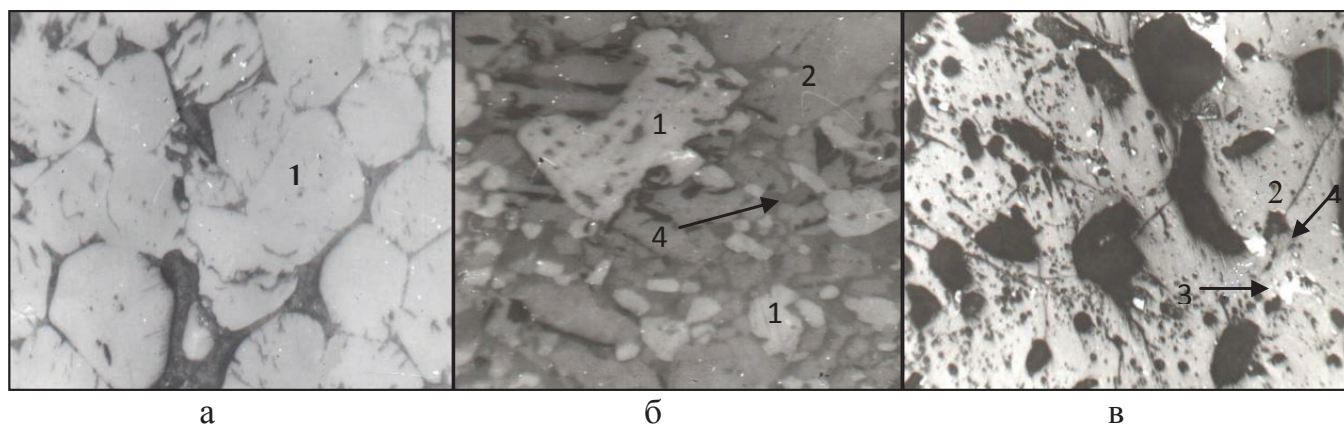
Микроскопическими исследованиями образцов, обожженных при 1200-1400 °С, установлено, что структура бетонов с различными видами магнезиального цемента обломочная, разнотелая. Образцы бурого цвета, состоящие из агрегатов зерен форстерита сложного состава, сформированного на основе шлака. Практически агрегаты бетонов во всех композициях одинаковы по структуре, отличие их состоит в связке (рисунок 2).

Агрегаты бетонных образцов сцементированы связующей массой мелкокристаллической структуры. Фазовый состав связки зависит от состава примененного цемента.

В случае использования периклазового цемента в связке основной фазой является периклаз, между кристаллами которого отмечены силикаты сложного состава, содержащие оксиды магния и кальция (рисунок 2, а).

В структуре бетона на периклазошлаковом цементе после обжига при температуре 1400 °С отмечено присутствие MgO , Mg_2SiO_4 , $\text{Na}_2\text{CaMgPO}_4$ и вторичных шпинелей сложного состава (рисунок 2, б).

Бетонные композиции на шлаковом заполнителе и шлаковом цементе мало чем отличаются по фазовому составу от традиционных форстеритовых огнеупоров. Отличие лишь в связке таких бетонов. Она состоит из основной



а б в
1 - периклаз; 2 - форстерит; 3 - вторичные шпинели; 4 - силикаты сложного состава; черное - поры

Рисунок. 2 - Микроструктура вяжущего бетона на основе шлака с использованием: а - периклазового; б - периклазшлакового, в - шлакового цемента. Свет отраженный, увеличение: а - 200, б - 150, в - 210.

фазы, представленной форстеритом, содержащим незначительное количество катионов железа. В промежутках между кристаллами форстерита отмечено присутствие шпинели, силикатной фазы сложного состава на основе кальциевых, магниевых и натриевых силикатов (рисунок 2, в).

Открытая пористость бетонов со шлаковым цементом, обожженных при 1400 °С, ниже, чем у бетонов с периклазовым и периклазшлаковым цементами и составляет 17% (таблица 2).

Выводы Получен бетон на основе отходов черной металлургии с различными видами магнезиального цемента.

Установлено, что упрочнение бетона на основе шлака производства высокоуглеродистого феррохрома в естественных условиях твердения происходит вследствие образования гидрофосфатных соединений при взаимодействии минералов цемента и раствора полифосфата натрия. Количественное соотношение новообразований зависит от вида цемента.

Выявлено, что при термообработке бетона на основе шлака происходит его разупрочнение в интервале 200-1000 °С. При температуре обжига выше 1000 °С наблюдается спекание бетона, что способствует уплотнению структуры бетона, снижению открытой пористости и увеличению прочности.

Прочность бетона после термообработки при 1400 °С составляет 37-45 Н/мм². Применение в качестве цемента периклазового порошка или его добавка к шлаковому цементу повышает огнеупорность и температуру службы магнезиальносиликатного бетона на основе шлака.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Щербакова Н.Н., Россикина Г.С., Мурзин И.В. Производство крупноразмерных изделий из огнеупорных бетонов на ОАО «Семилукский огнеупорный завод» // Огнеупоры и техническая керамика. - 2007. - № 12. - С. 39-40.
- 2 Абызов В.А., Абызов А.Н., Рывтин В.М., Григорьев В.Г. Жаростойкие бетоны на основе высокоглиноземистых плавненных материалов алюминотермического производства ферросплавов. // Огнеупоры и техническая керамика. - 2012. - № 10. - С.39-43.
- 3 Карасик В.Л., Бауман Е.М. Широн А.В. Периклазшпинельнофорстеритовые бетонные блоки для шлакового пояса нагревательных колодцев // Огнеупоры. - 1989. - № 10. - С. 44-47.
- 4 Степанова И.А., Табатчикова С.Н., Перепелицын В.А. Форстеритовые бетоны для футеровок сталеразливочных ковшей // Огнеупорные бетоны: Сборник статей, М.: Металлургия, 1991. - С. 31-38.
- 5 Кабанов В.С. Изучение магнезиальных связующих и зернистых масс применительно к технологии неформованных огнеупорных материалов. // Силикатные материалы из минерального сырья и отходов промышленности: Сборник статей. Л.: Наука, 1982, - С. 47-55.
- 6 Бирюкова А.А., Тихонова Т.А., Боронина А.В. Жаростойкие бетоны из шлаков производства высокоуглеродистого феррохрома. // Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья : Труды XVIII Междунар. научно-техн. конф., Россия, Екатеринбург, 2013, - С. 62-65.
- 7 Хлыстов А.И., Бахчев А.С., Павлов А.А. Опыт применения жаростойких бетонов в футеровках тепловых агрегатов в машиностроении. // Огнеупоры и техническая керамика. - 2006. - № 1. - С.45-48.
- 8 Крашенинников О.Н., Гришин Н.Н., Бастрыгина С.В., Белогурова О.А. Жаростойкие магнезиальные бетоны из сырья Кольского полуострова. // Огнеупоры и техническая керамика. - 2004. - № 5. - С.2-9.
- 9 Хорошавин Л.Б. Магнезиальные бетоны. - М.: Металлургия, 1990. - 168 с.

10 Игнатова Т.С., Узберг Л.Б. Периклазовый бетон на цирконийфосфатной связке // Огнеупоры. - 1975. - № 7. - С. 47-50.

11 Бирюкова А.А., Тихонова Т.А., Боронина А.В. Состав, свойства и перспективы использования шлаков производства безуглеродистых ферросплавов для получения жаростойких материалов // Комплексное использование минерального сырья. - 2008. - № 1. - С. 66-73.

12 Моисеев Ю.В. Использование периклазовой футеровки при выплавке ферротитана FeTi 70. // Огнеупоры и техническая керамика - 2004. - № 3. - С. 23-25.

13 Будников П.П., Хорошавин Л.Б. Огнеупорные бетоны на фосфатных связках. - М.: Metallurgiya, 1971. - 192 с.

REFERENCES

1 Shcherbakova N.N., Rossikhina G.S., Murzin I.V. *Ogneupory i tekhnicheskaya keramika*, **2007**, 12, 39-40. (in Russ.).

2 Abyzov V.A., Abyzov A.N., Rytvin V.M., Grigor'ev V.G. *Ogneupory i tekhnicheskaya keramika*, **2012**, 10, 39-43. (in Russ.).

3 Karasik V.L., Bauman E.M., Shiron A.V. *Ogneupory*, **1989**, 10, 44-47. (in Russ.).

4 Stepanova I.A., Tabatchikova S.N., Perepelitsyn V.A. *Forsteritovye betony dlya futerovok stalerazlivochnykh kovshej. Ogneupornye betony. Sbornik statej*, M. Metallurgiya, **1991**, 31-38. (in Russ.).

5 Kabanov V.S. *Izuchenie magnezial'nykh svyazuyushchikh i zernistykh mass primenitel'no k tekhnologii neformovannykh ogneupornykh materialov. Silikatnye materialy iz mineral'nogo syr'ya i otkhodov promyshlennosti. Sbornik statej*, L. Nauka, **1982**, 47-55. (in Russ.).

6 Biryukova A.A., Tikhonova T.A., Boronina A.V. *Zharostojkie betony iz shlakov proizvodstva vysokouglerodistogo ferrokhroma. Nauchnye osnovy i praktika pererabotki rud i tekhnogennogo syr'ya. Mater. XVIII Mezhdunar. nauchno-tekhn. Konf. Ekaterinburg, Russia*, **2013**, 62-65. (in Russ.).

7 Khlystov A.I., Bakhchev A.S., Pavlov A.A. *Ogneupory i tekhnicheskaya keramika*, **2006**, 1, 45-48. (in Russ.).

8 Krashenninikov O.N., Grishin N.N., Bastrygina S.V., Belogurova O.A. *Ogneupory i tekhnicheskaya keramika*, **2004**, 5, 2-9. (in Russ.).

9 Khoroshavin L.B. *Magnezial'nye betony*. M.: Metallurgiya, **1990**, 168. (in Russ.).

10 Ignatova T.S., Uzberg L.B. *Ogneupory*, **1975**, 7, 47-50. (in Russ.).

11 Biryukova A.A., Tikhonova T.A., Boronina A.V. *Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya*, **2008**, 1, 66-73. (in Russ.).

12 Moiseev Yu.V. *Ogneupory i tekhnicheskaya keramika*, **2004**, 3, 23-25. (in Russ.).

13 Budnikov P.P., Khoroshavin L.B. *Ogneupornye betony na fosfatnykh svyazkakh*. M. Metallurgiya, **1971**, 192. (in Russ.).

Түйіндеме

Мақалада техногенді кара металлургиялық шикізатты соның ішінде, жоғарыкөміртекті феррохром өндірісінің коқыстарын қолдана отырып, отқа төзімді бетондарды алудың нәтижелері келтірілді. Отқа төзімді бетондар, тұтқыр және фракциялық құрамы (мм, %): 3-1 - 40; 1-0,5 - 10; 0,5 - 0,063 - 20 болатын, құрамында отқа төзімді цемент пен химиялық байланысатын толтырғыштан тұрады. Жұмыста отқа төзімді цемент ретінде периклазды ұнтақ, коқыс және 1:1 қатынастағы коқыс пен периклаз қоспалары қолданылды. Химиялық байланыс 1,36 см³ тығыздықты полифосфат натрийдің ерітіндісі болып келеді. Магнезиалдысиликат құрамды отқа төзімді және қызуға төзімді бетондар қосымша тығыздайтын дірілдегіш сәлде нығыздалу әдісімен дайындалды. Жоғарыкөміртекті феррохром өндірісінің коқыстарының температурасы 1300 ден 1650°C дейін, үлгілерді нығындағандағы механикалық беріктілігі 35-68 Н/мм² болғанда магнезиалдысиликатты бетондар алынды. Отқа төзімді және қызуға төзімді бетондарды металлургиялық футеровкалар және химиялық, энергетикалық қондырғыларды жасау үшін қолдануға болады.

Түйінді сөздер: жоғарыкөміртекті феррохром өндірісінің кождары, нығыздаған кездегі беріктілік, ашық кеуектілік, отқа төзімділік, құрылым, фаза, күйежентектеу, қызметтегі температура, мүмкіншілік тығыздығы

Summary

The results of heat-resistant concretes obtaining with application of secondary raw material – waste of ferrous metallurgy, in particular slags of high-carbon ferrochrome production are presented in the article. Heat-resistant concretes consist of the filler presented by the slag with factional composition (mm, %) : 3-1 - 40; 1-0,5 - 10; 0,5 - 0,063 - 20 and binding, containing heat-resistant cement and chemical bonding. Periclase powder, mixture of periclase powder and slag in ratio 1: 1 and slag were used as heat-resistant cement in the experiments. Solution of sodium polyphosphate with density 1,36 g/cm³ was used as chemical bonding. The refractory concretes with magnesia-silicate composition are made by method of beating with an additional compression on vibration exciter. Magnesia-silicate concretes obtained from the slags of high-carbon ferrochrome production have the operation temperature from 1300 up to 1650°C, mechanical durability at the compression after thermotreatment of samples 35-47 Н/мм². Heat-resistant magnesia-silicate concretes can be used for the lining of metallurgical, chemical, cement and other heat engineering units.

Keywords: high-carbon ferrochrome production slag, compression durability, open porosity, heat-resistance, sintering, operation temperature, density, refractory, concrete

Поступила 26.11.2013.