

К. т. н. **В. В. Словиковский, А. В. Гуляева** (✉)

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет», г. Екатеринбург,
Россия

УДК 666.762.32-484.2.017:620.178.16

ПЛАВЛЕННЫЕ ОГНЕУПОРНЫЕ ОКСИДЫ, ПОВЫШАЮЩИЕ СТОЙКОСТЬ ФУТЕРОВОК АГРЕГАТОВ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Разработана технология получения огнеупоров периклазохромитового состава на основе плавленного зерна повышенной термостойкости. Создана технология получения огнеупоров периклазового состава на основе плавленного зерна, обладающих высокой температурой службы (до 1900 °С) и при этом повышенной термостойкостью. Разработана СВС-технология огнеупорных материалов, на основе которой созданы плавнелитые огнеупорные изделия, кладочные растворы, торкрет-массы для горячего торкретирования. Огнеупорные материалы выпущены в промышленных масштабах в ОАО «Комбинат «Магнезит». Их использовали в наиболее изнашиваемых частях футеровок, таких как фурменная зона горизонтальных конвертеров, шлаковые пояса рудно-термических печей (РТП), в реакционной зоне вельц-печей, шпуровых узлах РТП, сводах кивцетных агрегатов, печей Ванюкова. Стойкость футеровок повышена в 1,5–2,5 раза.

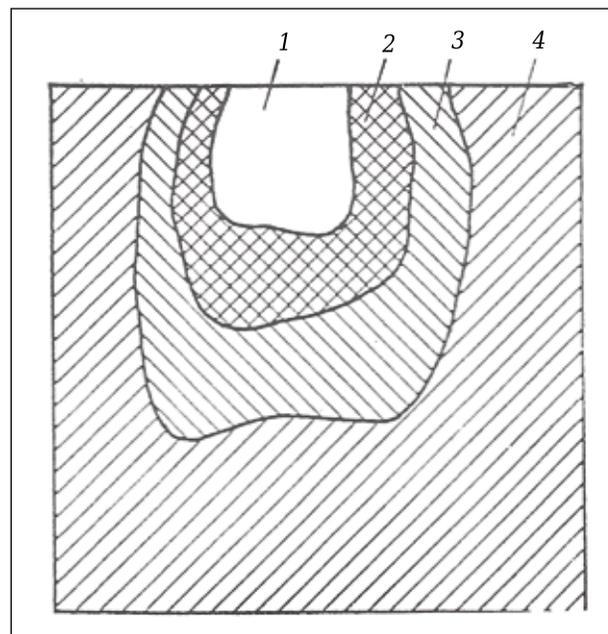
Ключевые слова: плавленные оксиды, периклазохромит, термостойкость, шлакоустойчивость, СВС-огнеупор.

За последнее десятилетие в технологии огнеупоров существенное значение приобрели литье и плавка, применяемые для огнеупоров из оксидов, отличающихся стойкостью при высоких температурах. Основные достоинства этой технологии заключаются в высокой степени гомогенизации материала при плавлении и получении после охлаждения плотного и прочного тела со структурой, которой в определенной степени можно управлять. Технология плавленных огнеупоров может заканчиваться отливкой расплава в формы и получением изделий заданной конфигурации, иногда с последующей механической обработкой. Возможно также получение плавленного материала в виде гранул или блоков, которые затем дробят, измельчают и используют для изготовления изделий по керамической технологии.

При плавке силикаты мигрируют в корку и блок (см. рисунок) обогащается MgO, содержание CaO изменяется по зонам менее существенно. Блок имеет зональное строение, в котором выделяют плотную расположенную на периферии зону направленной кристаллизации. Толщина зоны зависит от чистоты сырья и условий теплоотвода. Монокристаллы из нее пригодны для изготовления термостойких огнеупоров и порошков электротехнического периклаза. Зона с пустотами вследствие объемной кристаллизации располагается ближе к центру блока, ее

доля 30–40 % блока. Она больше загрязнена легкоплавкими силикатами, так как при направленной кристаллизации происходит миграция ионов, не входящих в твердый раствор с периклазом, в центр блока. Наружная часть представляет спеченный материал пористостью 20–26 %, который содержит повышенное количество SiO₂, Fe₂O₃ и CaO, содержание каждого оксида по 4–6 %. В корке 10–12 % силикатов.

Осыпь, выполняя роль теплоизоляции блока, может использоваться в качестве добавки в свежую шихту или для самостоятельных плавков. В



Строение плавнелитого блока: 1 — усадочная раковина; 2 — зона «мох»; 3 — пористая зона; 4 — плотная зона



А. В. Гуляева
E-mail: a.gulyaewa2012@yandex.ru

связи с летучестью паров магния плавку ведут, как правило, с закрытой дугой при напряжении до 110 В. Это позволяет уменьшить потери тепла с горячими газами. Например, технология производства Корхарт 104 включает плавку смеси магнезита и чистого хромита в дуговой печи, отливку в формы, охлаждение отливок и их резку.

Блоки имеют толщину 153 мм, что соответствует толщине слоев или колец выполняемой футеровки. Алмазным инструментом блоки распиливают на изделия нужного формата. Аналогичный изделиям Корхарт 104 огнеупор МАК-ЕС выпускает фирма «Асаки Глас», Япония. Свойства изделий указаны в табл. 1 [1, с. 4–6, 30, 31, 142, 143].

Повышение температуры плавки в принципиально новых процессах плавления приводит к увеличению износа существующих металлов, применению кислородного дутья, разработке новых видов огнеупоров. Одним из перспективных направлений повышения стойкости футеровки является применение в наиболее изнашиваемых ее частях основных плавнелитых огнеупоров.

Далее нами приводятся результаты разработок по выявлению возможности получения плавнелитых огнеупоров на основе магнезального порошка, хромитовой руды и глинозема в промышленных условиях, а также исследований процессов минералообразования и характера кристаллизации расплава. Производство плавнелитых огнеупоров основного состава (MgO, Cr₂O₃ и др.) отсутствует в настоящее время в РФ. Поэтому были проведены опытные плавки в промышленных условиях на Режском никелевом заводе [2].

Таблица 1. Свойства периклазошпинелидных огнеупоров

Показатели	МАК-ЕС (сименсит)		Корхарт 104
	литой	прессованный	
Содержание, мас. % :			
MgO	19,75	20,00	56,5
Cr ₂ O ₃	32,73	34,00	20,0
Al ₂ O ₃	32,36	33,80	8,0
Fe ₂ O ₃	1,57	6,10	4,0
FeO	–	–	10,5
SiO ₂	7,13	4,45	2,5
CaO	0,87	–	0,5
TiO ₂	1,27	0,96	1,5
Кажущаяся плотность, г/см ³	3,89	3,10	3,10
Общая пористость, %	1,17	15,5–16,0	15–20
Температура, °С:			
плавления	–	–	2300
начала деформации под нагрузкой 0,2 МПа	1800	1540–1560	–
деформации 5 % под нагрузкой 0,18 МПа	–	–	2500

Таблица 2. Состав плавнелитых блоков по зонам, мас. %

Зона блока	Периклаз	Шпинель	Силикаты	Металл	Поры
Плотная	28,8	59,4	9,4	0,8	1,45
Пористая	18,6	61,6	10,75	–	7,6
«Мох»	39,5	47,5	5,25	–	7,85

Технология предусматривала плавку шихты, состоящей из магнезита, хромита, глинозема, разлив расплава в литейные формы, кристаллизацию, отжиг и механическую обработку изделий. Вещественный состав шихты подобран из расчета получения изделий с преобладанием шпинельной фазы (до 70 %), как наиболее устойчивой к полиметаллическим шлакам цветной металлургии. Шихта состояла из 45 % магнезитового порошка, 25 % хромитовой руды и 30 % глинозема.

Шихту перемешивали в лопастной бетономешалке без увлажнения и плавил в дуговой печи ДСП-3А мощностью 1800 кВт. Плавленные блоки отливали в чугунных формах размерами 300 × 300 × 380 мм. Отжиг и кристаллизацию блоков проводили в термоящиках с глиноземной засыпкой за счет аккумулированного в изделиях тепла.

Блоки имели усадочную раковину, объем которой 10–15 % от объема блока. Наличие усадочной раковины указывало на недостаточное питание расплава блока в процессе кристаллизации. В дальнейших экспериментальных работах целесообразно увеличить объем прибыли в 2–3 раза, что позволит исключить образование усадочной раковины и связанной с ней зоны «мох» (см. рис. 1). Увеличение расхода расплава за счет большего объема прибыльной надставки может быть компенсировано использованием плавнелитого материала в качестве исходного сырья при производстве огнеупоров.

Визуальным осмотром плавнелитых блоков установлено наличие в них по сечению трех основных зон: плотной, пористой и зоны «мох». Образование зон обусловлено различием температур, условий кристаллизации и отжига. Минеральный состав плавнелитых блоков по зонам приведен в табл. 2.

Петрографические исследования структуры блоков после отжига показали, что плотная зона представляет собой однородный, плотный материал темно-коричневого цвета с редко встречающимися закрытыми порами. Связь между зернами шпинели и периклаза прямая, реже через силикаты.

В составе шпинели преобладает хромпикотит (Fe,Mg)₈²⁺(Cr,Al,Fe)₁₆³⁺O₃₂. Зерна шпинели часто идиоморфны, размер их достигает 90 мкм. В проходящем свете распознаются отдельные зерна магнезитохромита и магнезальной шпинели. Периклаз представлен округлыми, часто несколько вытянутыми зернами с преобладающим размером 70 и максимальным до 180 мкм. Закрытая пористость этой зоны колеблется в пределах 1,4–1,5 %. Петрографический анализ показал, что в блоках отсутствует канальная пористость. Наибольшую закрытую пористость (7–8 %) имеет зона «мох», наименьшую (1,4–1,5 %) — плотная зона (см. рисунок).

Основной шпинельной составляющей является хромпикотитовая, количество которой достигает 50 %. Кроме того, избыток Al_2O_3 образует с MgO шпинель $MgAl_2O_4$ в количестве 9–10 %, дающую непрерывный ряд твердых растворов с Cr_2O_3 и Fe_2O_3 . Большое количество шпинели и малое количество силикатов обуславливает высокую температуру начала деформации под нагрузкой 0,2 МПа (выше 1740 °С) плавленолилитых изделий, в то же время наличие в структуре закрытых пор и отсутствие канальных приводят к стойкости при высокой температуре.

Плавленолилитые основные изделия характеризовались следующими свойствами: открытой пористостью 0,7–1,8 %; пределом прочности при сжатии 105 МПа, температурой начала деформации под нагрузкой 0,2 МПа — 1750 °С. Изделия могут быть использованы в наиболее изнашиваемых участках футеровки при отсутствии термоударов. Такими участками могут быть шлаковый пояс, подина, участки стен рудно-термических печей, кивцетных установок, печей для непрерывной плавки сульфидных материалов в жидкой ванне.

Одним из направлений повышения срока службы футеровки тепловых агрегатов цветной металлургии является использование огнеупоров, изготовленных на основе чистых по химическому составу материалов. Такими материалами являются плавленые периклаз, периклазохромит и хромитопериклаз, содержание SiO_2 и CaO в которых не превышает 1,5–2,0 и 0,9–1,3 % соответственно.

В настоящее время огнеупоры на основе плавленых материалов все шире применяются для футеровки агрегатов черной металлургии. Огнеупоры на основе плавленых материалов обладают большей устойчивостью к воздействию шлаков и штейна, меньшей деформацией при температурах службы.

Цель данной работы — разработка технологии огнеупорных материалов на основе плавленых оксидов периклазохромитового и периклазового состава, имеющих высокую химическую и эрозионную стойкость.

Периклазохромитовые огнеупоры на основе плавленых периклазохромитовых материалов (ТУ 14-8-368–81), изготовленные по разработанной нами технологии, характеризуются низким содержанием диоксида кремния и оксида кальция, высокими показателями технических свойств и крупнокристаллической структурой. Периклазохромитовые материалы получали плавлением хромитомагнезитовых смесей в дуговых печах ОКБ-955Н на блок с последующим дроблением и рассевом порошков на фракции от 4,0 до 0,5–0 мм.

Разработаны две технологии изготовления периклазохромитовых огнеупоров. Первая технология предусматривает применение в шихте 56–64 % плавленых порошков периклазохроми-

та фракции 3–0 мм, 10–15 % хромитопериклаза фракции 3–1 мм и 25–30 % тонкомолотого хромитопериклаза фракции мельче 0,063 мм.

Необходимо отметить, что хромитопериклазовый порошок содержит корольки феррохрома, образующиеся при восстановлении хромитовой руды в процессе плавки хромомagneзитовой смеси. Корольки во время обжига изделий окисляются, плавятся и вступают в реакцию с периклазохромитом, образуя на поверхности изделий посечки, каверны, выплавки.

Во второй технологии плавленый хромитопериклаз фракции 3–1 мм (10–15 %) заменяют порошком хромитовой руды фракции 3–1 мм (4–10 %), а для компенсации содержания Cr_2O_3 в шихте в качестве тонкомолотого компонента используют плавленый периклаз фракции мельче 0,063 мм (28–34 %). Термостойкость изделий, полученных по второй технологии, на 1–2 теплосмены (1300 °С – вода) выше. Однако введение в шихту хромитовой руды увеличивает содержание силикатов в огнеупорах, что снижает их температуру начала деформации, шлакоустойчивость и, соответственно, стойкость в шлаковых зонах металлургических печей [3, 4].

При изготовлении изделий по данной технологии используют хромит или хромитовый концентрат, в котором содержание Cr_2O_3 должно быть не менее 50 % и SiO_2 не более 5 %. Однако хромитовая руда фракции 3–1 мм, которая поступает для изготовления изделий, не всегда удовлетворяет указанным требованиям (табл. 3).

Таким образом, хромитовая руда несколько повышает термостойкость изделий, но загрязняет их силикатами. Нами было предложено заменить хромитовую руду плавленым хромитопериклазом. При этом повышается шлакоустойчивость и плотность периклазохромитовых огнеупоров. В этом случае можно использовать хромитовую руду с содержанием SiO_2 6–8 % (при этом содержание SiO_2 в изделиях не превышает 2,5 %).

С целью исключения образования феррохрома в хромитопериклазе были проведены исследования, которые показали, что в среде углекислого газа восстановление хромитовой руды до металлического феррохрома не происходит. Для обеспечения газовой среды в промышленных дуговых печах периклазовый порошок был заменен на сырой магнезит, который при нагреве и плавке, разлагаясь, выделяет углекислый газ.

В качестве сырья при проведении опытных плавков применяли обожженный магнезит — пе-

Таблица 3. Содержание оксидов в исходных материалах, мас. %

Материал	SiO_2	CaO	MgO	Cr_2O_3
Периклазовый порошок	2,6	1,4	95,1	–
Сырой магнезит	1,2	1,0	46,2	–
Хромитовый концентрат	3,2	0,9	–	55,0
Хромит	8,3	0,1	22,0	47,4
Кусковой хромит	6,6	–	–	48,4

риклаз фракции 3–0,5 мм, сырой магнезит фракции 0–40 мм, хромитовый концентрат фракции 1–0 мм и кусковую хромитовую руду фракции 0–40 мм. Содержание SiO₂ не превышало 1,8 % вместо 6–8 % в хромитовой руде, применяемой для обычных плавов.

Полученными огнеупорами была выполнена футеровка наиболее ответственных элементов кивцэтной установки и конвертеров Иртышского полиметаллического и Уфалейского никелевого комбинатов, а также печи для плавки в жидкой ванне (ПЖВ) Опытного-экспериментального металлургического завода Гинцветмета. Благодаря этому кампании указанных агрегатов удалось продлить в 1,5–2,0 раза. Высокую стойкость огнеупоров обеспечили низкое содержание силикатов, высокая шлакоустойчивость и крупнокристаллическая структура периклазохромита, прочно связанная в керамический черепок за счет распада твердого раствора хромитопериклаза в процессе обжига изделий.

Проведенные исследования по получению высококачественного плавленного хромитопериклаза показали, что при плавке шихты, состоящей из сырого магнезита и хромитовой руды, исключается процесс восстановления хромитовой руды до металлического феррохрома, отрицательно влияющего как на содержание Cr₂O₃ в плавленном материале, так и на товарный вид огнеупоров. Таким образом, отработана технология изготовления периклазохромитовых огнеупоров с хромитопериклазовой составляющей. Полученные изделия обладают высокими показателями физико-керамических свойств и низким содержанием силикатов.

Изготовленными изделиями была выполнена футеровка наиболее ответственных элементов конвертеров, кивцэтной установки в печи ПЖВ, вельц-печей, РТП, что позволило продлить кампанию этих агрегатов в 1,5–2,0 раза (табл. 4).

Авторами были проведены исследования широкого спектра свойств различных высокостойких огнеупорных изделий по отношению к шлакам печи ПЖВ с использованием традиционных и новых методик (табл. 5). Содержание в шлаке, %: SiO₂ 39,5, CaO 11,0, FeO 18,5, Fe₂O₃ 10,0, Cu 3,8, S 1,8.

Анализ свойств огнеупорных изделий показывает, что расположение исследуемых огнеупоров по возрастанию их шлакоустойчивости таково: ХП, ПХС, МХС, МП-91. Зафиксировано, что модуль упругости *E* плавленных огнеупоров МП-

Таблица 4. Результаты испытаний комбинированных кладок «шахматка» из огнеупоров ХПТ и ПХПП в агрегатах различных предприятий

Предприятие	Агрегат	Увеличение стойкости футеровки, %
Карабашский медеплавильный комбинат	Конвертер	35,0
Красноуральский медеплавильный комбинат	»	42,0
Кировоградский медеплавильный комбинат (КМК)	»	49,0
Норильский горно-металлургический комбинат (НГМК)	»	18,7
Уфалейский никелевый комбинат (УНК)	Печь Ванюкова	35,0
Комбинат «Южуралникель», г. Орск	Конвертер	30,0
Комбинат «Печенганикель», г. Заполярный	»	35,0
Медногорский медносерный комбинат (ММСК), г. Медногорск	»	14,8
Усть-Каменогорский свинцово-цинковый комбинат	Вельц-печи	22,0
	Кивцэт	60,0
Лениногорский полиметаллический комбинат	Вельц-печи	60,0
	Кивцэт	40,0
Челябинский электроцинковый комбинат	Вельц-печи	90,0
Балхашский горно-металлургический комбинат	»	40,0
Иртышский полиметаллический комбинат	Печь Ванюкова	50,0
Среднеуральский медеплавильный завод	Кивцэт	60,0
	Конвертер	20,0
	Печь Ванюкова	30,0

91 резко повышен (в 1,5–2,0 раза) по сравнению с этим показателем спеченных огнеупоров аналогичного состава. Это указывает на возможность низкой термостойкости плавленных огнеупоров в процессе их службы в тех элементах футеровки, в которых возникают термоудары. Уменьшение значения термостойкости (см. табл. 6) дает ряд МХС, ХП, ПХС, ПХПП, МП-91. Таким образом, огнеупоры на основе электроплавленного периклаза (МП-91) имеют высокие показатели физико-химических свойств, за исключением величины термостойкости.

Нами было предложено для повышения термостойкости изделий МП-91, технология произ-

Таблица 5. Свойства огнеупорных изделий

Огнеупор	Термостойкость, теплосмены (от 1300 °С)	Предел прочности при сжатии, МПа	Открытая пористость, %	Коэффициент шлакоустойчивости 10 ² м/ч	ТКЛР, 10 ⁻⁶ град ⁻¹	<i>E</i> , 10 ³ МПа	Скорость износа огнеупора, 10 ² м/ч	Температура начала деформации под нагрузкой 0,2 МПа, °С
ХП	3–6	25,0–26,0	20–23	0,44	6,9	19,3	0,029	1550
МХС	3–5	26,0–28,0	21–22	0,38–0,51	8,9	17,2	0,015	1570
ПХС	4–6	30,0–34,0	16–20	0,40–0,42	9,5	12,5	0,012	1550
ПХПП	3–4	39,0–42,0	14–15	0,52–0,54	10,0	11,4	0,010	1640
МП-91	1–2	50,0–60,0	14–17	0,26	12,1	46,2	0,031	1800–1900

водства которых разработана и внедрена в ОАО «Комбинат «Магнезит», применить сырой магнезит $MgCO_3$. Исследуемые образцы изготавливали следующим образом: электроплавленный периклаз фракции 3–1 мм в количестве 95 % перемешивали с магнезитом $MgCO_3$ фракции 1–0 мм в количестве 5 % (состав 1). Шихту увлажняли сульфидно-спиртовой бардой плотностью 1,22 г/см³ до влажности 1,8 % [5].

Заготовки прессовали под давлением 1500 МПа и обжигали при 1850 °С. При такой температуре обжига размер кристаллов достигает 150 мкм, а в отдельных случаях 3 мм. В результате повышается шлакоустойчивость и увеличивается количество прямых связей кристаллов, что способствует формированию газопроницаемых структур. В процессе нагрева при 830–910 °С происходит разложение магнезита по реакции



При обжиге оксид магния спекается с зернами плавленного периклаза. Происходит объемная усадка оксида магния, в результате чего образуется кольцевая пористость, повышающая термостойкость изделий.

Введение магнезита фракции 0–1 мм во фракцию плавленного периклаза 3–1 мм (состав 2) приводит к образованию крупных пор, которые резко снижают механическую прочность огнеупора. Введение этой добавки во фракцию плавленного периклаза 0,063–0 мм (состав 3) приводит к образованию большого количества мелких пор, которые значительно ослабляют связи плавленного периклаза, что ухудшает свойства огнеупора. Примеры конкретных масс, результаты испытаний огнеупоров после обжига при 1850 °С приведены в табл. 6.

Таким образом, вышеприведенные составы огнеупорных изделий обеспечивают значительное повышение их термостойкости — с 1–2 до 6–9 водяных теплосмен, при этом замена части плавленного периклаза (5–15 %) сырым магнезитом снижает затраты на производство. Оптимальным можно считать состав 3.

При обжиге оксид магния спекается с зернами плавленного периклаза. Технологическое оборудование для изготовления предложенных огнеупоров с добавкой точно такое же, как при производстве плавленных периклазовых огнеупоров.

Изделия разработанных составов можно эффективно использовать в футеровках высокотемпературных агрегатов черной и цветной металлургии, таких как печи ПЖВ и Кивцэт-ЦС, горизонтальные конвертеры, рудно-термические печи, вертикальные конвертеры, электропечи черной металлургии.

Нами были также разработаны технологии получения огнеупорных материалов методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). В настоящее время СВС можно

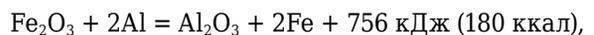
Таблица 6. Состав масс и результаты испытания огнеупоров после обжига при 1850 °С

Показатели	Содержание, мас. %, в составах		
	1	2	3
Материал:			
плавленный периклаз	95	90	85
магнезит	5	10	15
Открытая пористость, %	15,6	18	18,4
Предел прочности при сжатии, МПа	40	35	33
Термостойкость, тепло-смены (1300 °С – вода)	6	8	9

рассматривать как самостоятельное крупное технологическое направление. При использовании СВС можно решать целый ряд задач, главные из них следующие:

- получение ценных твердых химических соединений и материалов из них;
- создание изделий, в том числе фасонных, с заданными формой, размерами и физической структурой и с требуемым уровнем эксплуатационных свойств;
- модифицирование рабочих поверхностей изделий, конструкций и агрегатов, выполненных по традиционным технологиям и с применением стандартных огнеупорных материалов;
- применение кладочных растворов и проведение ремонтно-восстановительных работ (факельное торкретирование).

Для получения огнеупорных материалов целесообразно использовать СВС-системы с восстановительной стадией. К таким системам относятся термитные составы. Реакции термитного типа имеют вид:



Технология СВС-огнеупоров имеет значительное преимущество перед существующей технологией получения обожженных изделий: экологическая чистота производства, существенная экономия топлива за счет использования собственного тепла экзотермических реакций, высокая производительность труда, минимальные капитальные затраты, совмещение синтеза новых соединений с формированием износоустойчивых структур при очень высоких температурах (выше 2000 °С) и безотходность производства. В итоге СВС-технология позволяет получить высококачественные огнеупоры и огнеупорные материалы нового поколения. В предлагаемую область испытаний СВС-материалов входили: футеровка сводов и стен рудно-термических печей, отражательных, дуговых печей, реакционных зон вельц-печей, горизонтальных конвертеров на предприятиях медно-никелевой и свинцово-цинковой подо-

траслей. Наиболее нуждающимися в ремонтах с применением СВС-материалов являются агрегаты, в которых происходит резко дифференцированный износ футеровки. К ним относятся горизонтальные конвертеры, в которых фурменный пояс изнашивается в 3–6 раз быстрее, чем остальная футеровка, а также отражательные, рудно-термические, дуговые печи, печи Ванюкова, в которых шлаковый пояс выгорает в 2–3 раза быстрее, кроме того, своды электропечей в области электродных отверстий, шпуровые узлы и др.

Нами была разработана огнеупорная масса для заполнения швов кладки футеровки агрегатов цветной металлургии, содержащая хромитовую руду, железную окалину, алюминий, сульфат магния и воду. Кладочный раствор обеспечивает равномерную прочность по всему объему футеровки за счет повышения стабильности физико-химических преобразований и взаимодействия со швами футеровки в процессе ее горения при сохранении температуры нагрева 300–450 °С [6, 7]. Разработанный кладочный раствор был испытан во вращающихся печах. Кладочный шов получился керамическим от рабочей поверхности до кожуха печи. В шве, выполненном из традиционных огнеупорных материалов (шамотных, муллитовых и др.), керамическая часть составляла 20–30 % от протяженности шва.

Таким образом, установлена возможность применения СВС-материалов для кладки и ре-

монта огнеупорной футеровки агрегатов цветной металлургии. Разработаны составы СВС-материалов для производства плавнелитых изделий, кладочного раствора и технологии их изготовления и применения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучен зарубежный опыт получения плавнелитых оксидов магнезиального состава ведущих стран.

Разработаны технологии получения плавнелитых оксидов магнезиального состава и выпущены опытные полупромышленные партии плавнелитых огнеупоров магнезиального состава, периклазохромитовых огнеупоров из плавного порошка, обладающих повышенной термостойкостью, СВС-огнеупорных материалов, включающих плавнелитые огнеупорные изделия, кладочных растворов, торкрет-масс для «горячего» торкретирования.

Вышеприведенные материалы были испытаны в футеровках агрегатов цветной металлургии, таких как горизонтальные конвертеры, вельц-печи, рудно-термические печи, кивцэтные и печи Ванюкова. Испытания показали увеличение стойкости футеровки в 1,5–2,5 раза.

Подобрано оборудование для получения данных материалов: электропечи, установка для торкретирования, литейные формы. Разработаны режимы плавки материала и обжига.

Библиографический список

1. **Ашимов, У. Б.** Плавные огнеупорные оксиды / У. Б. Ашимов, А. Н. Соколов, А. В. Болотов. — М.: Металлургия, 1988. — 237 с.
2. **Словиковский, В. В.** Опыт получения основных плавнелитых огнеупоров / В. В. Словиковский, Г. В. Кононенко, И. Н. Гостюхина [и др.] // Огнеупоры. — 1979. — № 11. — С. 33–36.
3. **Словиковский, В. В.** Периклазохромитовые огнеупоры из плавных материалов / В. В. Словиковский, В. Н. Ерошкина, Г. В. Кононенко [и др.] // Огнеупоры. — 1985. — № 3. — С. 47–49.
4. **А. с. 1052500 СССР.** Способ получения плавных периклазохромитовых материалов // В. В. Словиковский, Г. А. Нечистых, П. Н. Бабин [и др.]. — № 3467658; заявл. 09.07.82; опубл. 07.11.83, Бюл. № 41.
5. **Словиковский, В. В.** Плавные огнеупоры магнезиального состава повышенной термостойкости / В. В. Словиковский, А. В. Гуляева // Новые огнеупоры. — 2014. — № 6. — С. 50–61.

Slovikovskii, V. V. Fused magnesia-based refractories with improved heat resistance / V. V. Slovikovskii, A. V. Gulyaeva // Refractories and Industrial Ceramics. — 2014. — Vol. 55, № 3. — P. 248, 249.

6. **Словиковский, В. В.** Эффективное применение СВС-материалов в футеровках тепловых агрегатов цветной металлургии / В. В. Словиковский, А. В. Гуляева // Новые огнеупоры. — 2012. — № 2. — С. 4–6.

Slovikovskii, V. V. Efficient use of SHS materials on high-temperature equipment in nonferrous metallurgy / V. V. Slovikovskii, A. V. Gulyaeva // Refractories and Industrial Ceramics. — 2012. — Vol. 53, № 1. — P. 1–3.

7. **Пат. 2001035 РФ.** Огнеупорная масса для изготовления огнеупорных изделий // Словиковский В. В., Чистополова Н. Н., Лялин В. К., Гладышева М. С., Игошев А. В. — № 4948394; заявл. 02.06.91; опубл. 15.10.93. ■

Получено 03.04.16

© В. В. Словиковский, А. В. Гуляева, 2016 г.