

УДК 666.76.3.001.8

ПЛАВЛЕННЫЕ ОГНЕУПОРЫ МАГНЕЗИАЛЬНОГО СОСТАВА ПОВЫШЕННОЙ ТЕРМОСТОЙКОСТИ

Исследованы различные добавки в плавленные магнезиальные огнеупоры, повышающие термостойкость изделий и снижающие затраты на производство высокоогнеупорных изделий. По результатам работы предприняты исследования с целью повысить термическую стойкость огнеупоров путем введения Cr_2O_3 . Однако образование при плавке феррохрома понижает температуру службы огнеупора. Оптимальной добавкой оказался необожженный магнезит MgCO_3 в количестве 5–15 %. Изделия с повышенной термостойкостью могут эффективно использоваться в футеровках высокотемпературных агрегатов цветной и черной металлургии, таких как печи ПЖВ, Кивцэт-ЦС, горизонтальные конвертеры, рудно-термические печи, вертикальные конвертеры, электропечи черной металлургии.

Ключевые слова: термостойкость, периклаз, модуль упругости, абразивная стойкость, необожженный магнезит, кольцевая пористость.

Производство отечественных огнеупоров снижается. По данным, которыми располагает ассоциация «Огнеупорпром» (это 6 специализированных предприятий и огнеупорные производства при ОАО ММК и ОАО НТМК), и по данным Росстата РФ, производство огнеупоров на огнеупорных предприятиях сократилось на 55 % по отношению к 2011 г. Ежегодные потери российских огнеупорных предприятий из-за импортных поставок составляют более 1,5 млрд руб. Такое положение может поставить отечественную металлургическую промышленность и оборонный комплекс в полную зависимость от импорта огнеупоров [1]. Разработка технологий для получения высокостойких огнеупорных изделий, обладающих конкурентоспособностью по сравнению с импортными, весьма актуальна. Это особенно важно при создании футеровок для таких работающих по новейшим технологиям тепловых агрегатов, как печи ПЖВ и Кивцэт-ЦС, горизонтальные конвертеры, электропечи и др.

Авторами были проведены исследования широкого спектра свойств различных высокостойких огнеупорных изделий по отношению к шлакам печи ПЖВ с использованием традиционных и новых методик (табл. 1) [2]. Содержание в шлаке, %: SiO_2 39,5, CaO 11,0, FeO 18,5, Fe_2O_3 10,0, Cu 3,8, S 1,8.

Анализ свойств огнеупорных изделий показывает, что расположение исследуемых огнеупоров по возрастанию их шлакоустойчивости

дает ряд ПХСС, ХП, ПХС, МХС, МП-91. Зафиксировано, что модуль упругости E у плавленных огнеупоров МП-91 резко повышен (в 1,5–2 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, где возникают термоудары. Уменьшение значения термостойкости (см. табл. 1) дает ряд ПХС, ХП, ПХС, ПХПП, МП-91. Таким образом, огнеупоры на основе электроплавленного периклаза (МП-91) имеют высокие показатели физико-химических свойств, за исключением величины термостойкости.

При исследовании возможности повышения термической стойкости изделий МП-91 путем введения добавки Cr_2O_3 было выявлено, что получающийся при плавке феррохром понижает температуру службы огнеупора.

После этого было предложено для повышения термостойкости изделий МП-91, технология производства которых разработана и внедрена в ОАО «Магнезит» [2], применить необожженный магнезит MgCO_3 . Исследуемые образцы изготавливали следующим образом. Электроплавленный периклаз фракции 3–1 мм в количестве 95 мас. % перемешивали с необожженным магнезитом MgCO_3 фракции 1–0 мм в количестве 5 % (состав 1). Шихту увлажняли сульфитно-спиртовой бардой плотностью 1,22 г/см³ до влажности 1,8 %.

Заготовки прессовали под давлением 150 МПа и обжигали при 1850 °С. При такой температуре обжига размер кристаллов достигает 150 мкм, а в отдельных случаях 3 мм, что повышает шлакоустойчивость, увеличивает количество прямых связей кристаллов и способствует формированию газопроницаемых структур. В про-



А. В. Гуляева

E-mail: a.gulyaewa2012@yandex.ru

Таблица 1. Свойства огнеупорных изделий

Огнеупор	Термостойкость, теплосмены (1300 °С – вода)	Предел прочности при сжатии, МПа	Открытая пористость, %	Коэффициент шлакоустойчивости, 10 ⁻² м/ч	ТКЛР, 10 ⁻⁶ град ⁻¹	E, 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
ПХСС	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

цессе нагрева при 830–910 °С происходит разложение необожженного магнезита по реакции



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

Проводили также исследования по введению необожженного магнезита в другие фракции плавленного периклаза. Введение добавки необожженного 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 большего количества мелких пор, которые значительно ослабляют связи плавленного периклаза, что ухудшает свойства огнеупора [3]. Примеры конкретных масс и результаты испытаний огнеупоров после обжига при 1850 °С приведены в табл. 2.

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

Библиографический список

1. **Энтин, В. И.** Итоги работы огнеупорных предприятий в 2008 г. / В. И. Энтин // Новые огнеупоры. — 2009. — № 7. — С. 52–55.
2. **Стрелов, К. К.** Технология огнеупоров / К. К. Стрелов. — М.: Металлургия, 1978.
3. **А. с. 1178735 СССР.** Шихта для изготовления огнеупорных изделий / В. В. Словицкий, Г. В. Кононен-

Таблица 2. Состав масс и результаты испытания огнеупоров после обжига при 1850 °С

Показатели	Содержание, мас. %, в составе		
	1	2	3
Материал:			
плавленный периклаз	95	90	85
необожженный магнезит	5	10	15
Открытая пористость, %	15,6	18,0	18,4
Предел прочности при сжатии, МПа	40	35	33
Термостойкость, теплосмены (1300 °С – вода)	6	8	9

При обжиге происходит спекание оксида магния с зернами плавленного периклаза. Технологическое оборудование при производстве предложенных огнеупоров с добавкой точно такое же, как при производстве плавленных периклазовых огнеупоров.

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

ко, И. Н. Гостюхина, К. К. Симонов. — № 3326580/29-33 ; заявл. 07.08.81 ; опубл. 10.12.85, Бюл. № 34. ■

Получено 21.09.13

© В. В. Словицкий, А. В. Гуляева, 2014 г.