

А. Г. Иванов (✉), **М. А. Баган**, **Д. Н. Балтачев**, **Д. Е. Черепанов**,
В. А. Лопатин, **И. О. Сайгашкин**

ОАО «Красцветмет», г. Красноярск, Россия

УДК 621.365.22.036.538.017:620.28

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРИКЛАЗОУГЛЕРОДИСТОЙ ФУТЕРОВКИ В ДУГОВЫХ ПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧАХ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

Представлен опыт эксплуатации дуговой печи постоянного тока в ОАО «Красцветмет» для переработки вторичного сырья с использованием в качестве рабочего слоя футеровки периклазоуглеродистых изделий. Описан сравнительный анализ работы дуговой печи постоянного тока с периклазовой и периклазоуглеродистой футеровкой.

Ключевые слова: периклазоуглеродистая футеровка, периклазовая футеровка, дуговая плавильная печь, переработка вторичного сырья.

В последнее время в России и за рубежом растет интерес к использованию в процессах пирометаллургии высокотемпературных огнеупорных материалов. Они позволяют увеличить длительность эксплуатации теплового агрегата за счет повышения стойкости футеровки, а также сократить время простоя оборудования на ремонт, что положительно сказывается на себестоимости и производительности.

Огнеупорная кладка плавильной печи в жестком режиме эксплуатации подвергается многочисленным термомеханическим и химическим воздействиям, специфику которых необходимо учитывать при конструировании футеровки. Во время воздействия механических нагрузок, которые обычно вызваны процессами загрузки шихты, движением металла и шлака, опрокидыванием печи при сливе, а также несовершенством укладки штучных изделий, появляются участки футеровки с достаточно высоким внутренним напряжением, обеспечивающим в некоторых случаях даже сдвиг штучных изделий относительно друг друга. Действие термических нагрузок на футеровку, вызывающих, как правило, трещины, следует связывать с ее неравномерным нагревом и протеканием экзотермических реакций, инфильтрацией металла, циклическим нагреванием и охлаждением футеровки вследствие дискретности про-

цесса выплавки, а также изменением режима плавки. Химические нагрузки на футеровку появляются вследствие протекания реакций гидратации, окислительно-восстановительных реакций с образующимся шлаком, а также изменения положения металла и шлака по ходу плавки. Футеровка плавильного агрегата должна быть устойчива к продуктам плавки (шлак – сплав, флюсы), к воздействиям высоких температур, механическому и абразивному, не должна смачиваться продуктами плавки. Для обеспечения этих требований для каждого плавильного агрегата в зависимости от его эксплуатации индивидуально подбирается огнеупорный материал.

В настоящей статье представлены результаты использования на пирометаллургическом переделе ОАО «Красцветмет» новых высокотемпературных формованных огнеупоров. Испытания футеровки проводили на дуговой печи постоянного тока. Изделия были изготовлены на основе смеси высокочистых порошков крупнокристаллического и мелкокристаллического плавленого периклаза, природного крупночешуйчатого графита зольностью не более 2 %, комбинированной антиокислительной добавки ($Al_{мет} + Si_{мет}$), высокотемпературного каменноугольного пека и органического связующего. Присутствие углерода значительно увеличивает шлакоустойчивость периклазовых огнеупоров при службе благодаря замедлению проникновения в них шлакового расплава. При увеличении содержания графита повышаются шлакоустойчивость и термостойкость, но снижаются механическая прочность и устойчивость к окислению. Периклазоуглеродистые



А. Г. Иванов
E-mail: AGIvanov@krasvetmet.ru

огнеупоры используют для футеровки кислородных конвертеров, сталеразливочных ковшей при внепечной обработке стали. Технические характеристики периклазоуглеродистых изделий приведены ниже (через дробь указаны типичные показатели):

Массовая доля, %, не менее:	
MgO.....	78 / 82
углерода.....	12 / 13
Наличие комплексной антиокислительной добавки.....	++
Кажущаяся плотность, г/см ³ , не менее.....	2,95 / 3,00
Открытая пористость, %, не более.....	6,0 / 2,0
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее	30 / 35
Относительное удлинение, %, в интервале 20–1400 °С.....	1,0



Рис. 1. Футеровка ванны дуговой плавильной печи



Рис. 2. Периклазоуглеродистая (а) и периклазовая (б) футеровка ванны дуговой плавильной печи по окончании кампании

В результате проведения промышленных испытаний при плавке огнеупорных продуктов, имеющих температуру плавления порядка 1425–1700 °С, оценили стойкость футеровки, смачиваемость, а также технологичность использования в пирометаллургическом производстве на переделах плавки сырья и промпродуктов. Ранее для футеровки данной дуговой печи использовали периклазовый фасонный огнеупор, его основные характеристики приведены ниже:

Кажущаяся плотность, г/см ³	3,06
Открытая пористость, %.....	14,4
Предел прочности при сжатии, МПа.....	97,6
Температура деформации под нагрузкой, °С:	
по ГОСТ 4070–2000.....	>1690
по ИСО 1893–89.....	>1700
Массовая доля, %:	
MgO.....	97,5
Al ₂ O ₃	0,19
SiO ₂	0,64
CaO.....	1,21
Fe ₂ O ₃	0,68
Относительное удлинение, %, в интервале 20–1400 °С.....	1,95

Одной из отличительных особенностей данного проекта футеровки является то, что кладка подины была выполнена прямой, без уклонов. Следует отметить, что стоимость периклазоуглеродистых изделий выше, чем периклазовых, на 10 %.

Футеровка ванны печи показана на рис. 1. Благодаря применению периклазоуглеродистых изделий при плавке тугоплавких промпродуктов была достигнута высокая стойкость футеровки; кампания ванны печи была увеличена. Немаловажным при плавке продуктов, содержащих драгоценные металлы, является то, что материал футеровки меньше смачивается продуктами плавки. Из рис. 2 видно, что износ футеровки из периклазоуглеродистых огнеупоров идет более равномерно по всей ванне, чем износ футеровки из периклазовых огнеупоров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целесообразность перехода с периклазовой футеровки на периклазоуглеродистую подтверждена экспериментально; кампания печи (ванны) была увеличена. Экономический эффект от использования периклазоуглеродистого огнеупора перекрывает его большую стоимость по отношению к периклазовому. Износ периклазоуглеродистой футеровки более равномерный, чем периклазовой; огнеупор незначительно напывает продукты плавки, что облегчает его дальнейшую переработку. ■

Получено 26.03.18

© А. Г. Иванов, М. А. Баган, Д. Н. Балтачев, Д. Е. Черепанов, В. А. Лопатин, И. О. Сайгашкин, 2018 г.