

ФУТЕРОВКА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ КОНВЕРТЕРОВ ПОВЫШЕННОЙ СТОЙКОСТИ

Приведены результаты исследования стойкости футеровки горизонтальных конвертеров и причин малой стойкости фурменной зоны футеровки. Описаны разработанные по результатам исследований конструкции футеровки фурменной зоны горизонтального конвертера, а также фурменного блока. Разработаны технологии изготовления периклазохромитовых фурменных блоков с применением плавного материала с повышенным содержанием Cr_2O_3 , а также теплопроводной огнеупорной массы, устойчивой к воздействию шлако-штейновых расплавов. Футеровка повышенной стойкости испытана и внедрена в конвертерах ОАО «Алавердинский горнометаллургический комбинат», ОАО «Уфалейский никелевый завод». Это позволило увеличить стойкость футеровки в 1,5–2,0 раза.

Ключевые слова: футеровка, медно-никелевые конвертеры, фурменный блок, периклазохромитовый огнеупор, фурменный пояс, шлако-штейновый расплав, отходы гранитного производства.

Наименьшим сроком эксплуатации в цветной металлургии обладает футеровка медно-никелевых конвертеров. Это объясняется весьма тяжелыми условиями службы огнеупорной кладки в этих агрегатах. Стойкость футеровки конвертера лимитируется сроком службы фурменной зоны футеровки конвертера. Фурменная зона конвертера состоит из трех подзон: фурменного пояса, надфурменной зоны (7–12 рядов), подфурменной зоны (1–2 ряда). Все зоны традиционно футеруют периклазохромитовыми огнеупорами марок ПХС 5-17,19. Низкая стойкость фурменной зоны обусловлена следующими факторами:

- термическими ударами при сливе и подаче шлако-штейнового расплава;

- термическими ударами на границе воздух – огнеупор – шлако-штейновый расплав при продувке конвертера в процессе службы (перепад составляет 20–1200 °С);

- наличием барботажа воздух – расплав и, как следствие, эрозийным износом;

- высокими механическими усилиями, развивающимися в футеровке от реактивного давления металлического корпуса;

- скалыванием ввиду разных свойств пропитанной и исходной части огнеупорной кладки;

- образованием легкоплавких соединений (типа оливинит – монтичеллит) в системе огнеупор – расплав, которые смываются шлако-штейновым расплавом;

- ударными механическими нагрузками при загрузке конвертера;

- высокими температурами в районе дутья (1400–1500 °С);

проникновением расплава по швам фурменного пояса, приводящим подчас к прожиганию кожуха и аварийной остановке конвертера.

Схема традиционной футеровки конвертера показана на рис. 1. Футеровка конвертера выполнена периклазохромитовыми огнеупорами (ПХС), фурменный пояс выложен желобковыми кирпичами (ПХС). Кладку вели насухо. Стойкость футеровки медных конвертеров составляет 45–50 сут, никелевых до 5–15 сут,

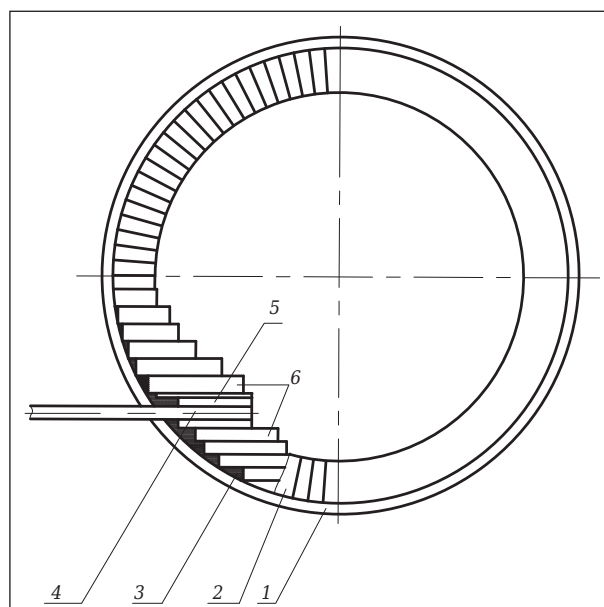


Рис. 1. Система традиционной футеровки горизонтального конвертера: 1 — металлический корпус; 2 — основная кладка; 3 — хромитопериклазовая засыпка; 4 — фурменная трубка; 5 — желобковый кирпич; 6 — надфурменный и подфурменный кирпич длиной 460 мм

что крайне мало, тем более что при частых ремонтах с отработанной футеровкой теряется много ценного металла (медь, никель, свинец, золото).

На основании экспериментальных данных были выбраны основные направления исследовательских работ, касающихся повышения стойкости футеровки медно-никелевых конвертеров. Первое направление — разработка технологии изготовления плотных и термостойких огнеупорных изделий специальной формы для фурменного пояса. Второе направление — разработка и усовершенствование технологии изготовления коррозионно-стойких плавлено-зернистых огнеупоров за счет введения в их шихту химически чистого Cr_2O_3 из плавящихся материалов. Третье направление — разработка схем футеровки на основе высокостойких огнеупорных изделий, растворов и масс.

- По первому и второму направлениям авторами настоящей статьи была разработана технология изготовления фурменных блоков для кладки фурменного пояса медно-никелевых конвертеров на основе периклазохромитового плавящего материала с повышенным содержанием Cr_2O_3 (до 20–25 %) по ТУ 148-38–81. Выпущена промышленная партия блоков (рис. 2) в количестве 1000 т на комбинате «Магнезит» [1–3]. По физическим свойствам опытные фурменные блоки превосходят традиционно применяемые огнеупоры. При футеровании фурменного пояса опытными блоками количество швов сокращается в 4 раза, что уменьшает вероятность проникновения в них шлако-штейнового расплава. Техническая характеристика фурменного блока приведена ниже:

Открытая пористость, %	14–16
Предел прочности при сжатии, МПа	35
Кажущаяся плотность, г/см ³	3,09
Температура начала деформации под нагрузкой 0,2 МПа, °С	1600
Термостойкость (1300 °С — вода), теплосмены	5–6
Масса, кг	43

- По третьему направлению были разработаны технологии огнеупорных масс, одна из которых обладает повышенной теплопроводностью, а вторая имеет высокую стойкость к шлако-штейновому расплаву и термостойкость [4, 5]. Авторами также была разработана конструкция футеровки фурменного пояса горизонтальных конвертеров медно-никелевого производства (рис. 3). Кладка фурменного пояса, включающая хромитопериклазовую засыпку

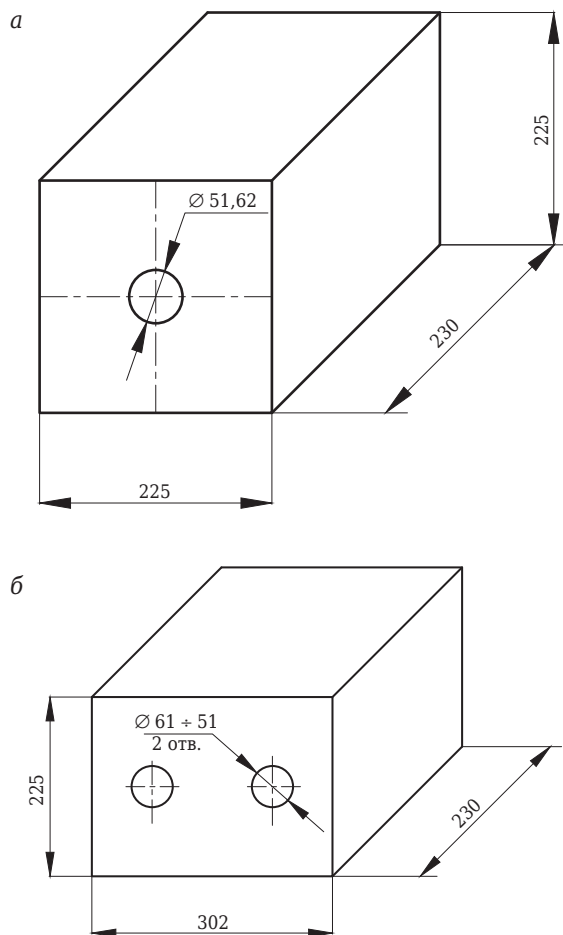


Рис. 2. Фурменные блоки: а — ПХКЦ-23 (ПХКЦ-24); б — ПХКЦ-25 (ПХКЦ-26)

и огнеупорные фурменные блоки, отличалась тем, что для повышения стойкости футеровки надфурменные и подфурменные кирпичи длиной 460 мм были заменены на кирпичи длиной 520 мм. Образующиеся в результате этого полости заполнялись хромитопериклазовым бетоном. Такая конструкция позволила увеличить стойкость футеровки конвертеров Кировоградского медеплавильного и Уфалейского никелевого комбинатов на 30–40 %.

Однако стойкость хромитопериклазового бетона к расплавам не является определяющей. Одним из основных факторов, влияющих на стойкость футеровки фурменной зоны, является скалывание огнеупора, наблюдающееся при колебании температур в процессе слива и подачи шлако-штейнового расплава. Процесс скалывания обусловлен возникающими в огнеупоре термическими напряжениями. Трещины скола в основном проходят по границе части огнеупора, пропитанной шлако-штейновым расплавом, и наименее измененной зоны огнеупора. Граница проходит параллельно ра-

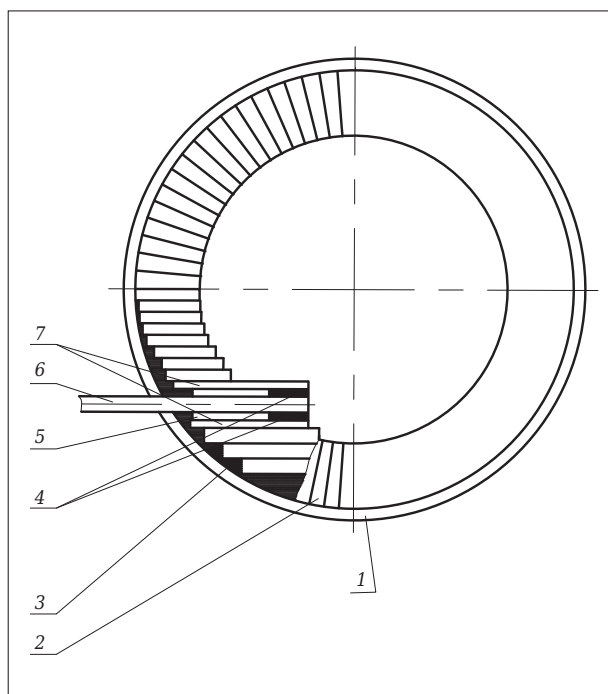


Рис. 3. Схема усовершенствованной футеровки горизонтального конвертера: 1 — металлический корпус; 2 — основная кладка; 3 — теплопроводящая огнеупорная масса; 4 — химически устойчивая огнеупорная масса; 5 — фурменные блоки ПХКЦ-23, ПХКЦ-24 или ПХКЦ-25, ПХКЦ-26; 6 — фурменная трубка; 7 — надфурменный и подфурменный кирпич длиной 520 мм

бочей поверхности огнеупора. Толщина слоя составляет от 80 до 150 мм. Скалывание происходит вследствие различных ТКЛР исходных огнеупоров и части огнеупора, пропитанной шлако-штейновым расплавом. Результаты исследований огнеупоров марок ХМ, ПХС, М, ХПТ и ПХПП показали, что ТКЛР исходных и пропитанных огнеупоров значительно различаются. На толщину слоя, пропитанного шлако-штейновым расплавом, влияет недостаточный отвод тепла через кожух конвертера, что при учете автогенности процесса приводит к прогреву кладки на большую глубину. Малый градиент температур в рабочем окате кладки обуславливает глубокое проникновение шлако-штейнового расплава в огнеупор (80–150 мм), и пропитанная часть огнеупорного изделия скалывается при охлаждении конвертера до температуры ниже 800 °С (температура застывания шлако-штейнового расплава), что часто происходит при сливе расплава.

• Для увеличения теплоотвода из кладки и тем самым повышения градиента температуры по толщине кладки была разработана специальная огнеупорная масса на основе огнеупорного порошка и отходов металлургического производства в виде чугунной стружки. Для повышения теплопроводности в массу вводи-

ли хромитопериклазовый порошок фракции 1–3 мм, чугунный порошок фракции 5–1 мм, жидкое стекло в следующем соотношении, %: хромитопериклазовый порошок 18–37, чугунный порошок 58–75, жидкое стекло 6–8. Масса обладает повышенной теплопроводностью, превышающей в 3–4 раза теплопроводность магнезиальной засыпки, традиционно используемой между кладкой фурменной зоны и кожухом конвертера и имеющей достаточную для этой зоны огнеупорность. Увеличение теплопроводности кладки позволило уменьшить толщину пропитки кладки шлако-штейновым расплавом на 20–30 мм. Температура кожуха конвертера в фурменной зоне при этом составляет 120–150 °С, что не уменьшает его прочности. Разработанная огнеупорная масса успешно прошла испытания и внедрена в кладке 40-т конвертеров ОАО «Алавердинский горно-металлургический комбинат» с увеличением стойкости футеровки 40 %. Массу целесообразно использовать в аналогичных конвертерах ОАО «Уфалейский никелевый завод», ОАО «Кировоградский медеплавильный комбинат», ОАО «Красноуральский медеплавильный комбинат».

• Авторами настоящей статьи была разработана также технология получения огнеупорной массы, обладающей повышенной химической стойкостью к шлако-штейновым расплавам и высокими абразивостойкостью и теплопроводностью. Для получения огнеупорной массы с улучшенными показателями в известную огнеупорную массу для защитного покрытия футеровки тепловых агрегатов цветной металлургии, содержащую магнезиальный и углеродсодержащий материалы, спекающую и связующую добавки, в качестве спекающей добавки вводили отходы гранитного производства следующего состава, %: SiO_2 57–65, Al_2O_3 13–15, CaO 1,5–3,0, MgO 0,5–15,0, Na_2O 4–10, K_2O 1,5–3,0, FeO 1,0–2,0. В качестве связующей добавки применяли жидкое стекло при следующем соотношении компонентов, мас. %: хромитопериклазовый порошок 65–70, углеродсодержащий материал 20–30, отходы гранитного производства 4,5–10,0, жидкое стекло (сверх 100 %) 4–10.

Совместная добавка в огнеупорную массу отходов гранитного производства и жидкого стекла приводит в ходе изготовления и формирования защитного слоя футеровки к образованию насыщенной составляющими гранитных отходов связки и обедненных K_2O и Na_2O отходов гранитного производства. Благодаря этому у массы появляются новые характеристики:

— во-первых, в начальный период работы агрегата (когда расплав заливается в холодный

конвертер) происходит образование между зернами наполнителя форстеритовой связки на основе обедненной гранитной составляющей. Причем эта связка образуется при пониженных температурах (1100–1300 °С), имеющих место в условиях конвертерного передела цветной металлургии. По-видимому, этому способствует то обстоятельство, что обедненные K_2O и Na_2O отходы гранитного производства имеют оптимальную для конвертерного передела температуру начала размягчения и плавления, т. е. у обедненной части гранитных отходов по сравнению с их исходным составом температуры образования связки (1100–1300 °С) выше (а значит, защитный слой не разрушается за счет чрезмерного размягчения и плавления). В то же время при 1100–1300 °С происходит достаточно полное спекание с хромитопериклазовой основой. В результате этого предложенная масса имеет повышенную стойкость за счет предотвращения образования форстеритовой связки;

— во-вторых, насыщенное составляющими гранитных отходов жидкое стекло обволакивает зерна огнеупорной массы. В результате этого в начальный период работы агрегата (когда расплав заливается в холодный конвертер) защитная пленка вокруг зерновой составляющей массы упрочняется и образует между зернами керамическую связь, устойчивую в расплавах штейнов;

— в-третьих, эта же защитная пленка после упрочнения повышает устойчивость углеродсодержащих зерен массы к воздействию свободного кислорода в не пропитанной штейно-шлаковым расплавом части защитного слоя. В пропитанной штейно-шлаковым расплавом части защитного слоя эта плотная пленка разрушается под действием закиси железа. Однако освободившийся от пленки углеродсодержащий материал восстанавливает закись железа, затрудняя тем самым движение фронта пропитки в глубь защитного слоя.

Таким образом, в обеих частях защитного слоя (пропитанной и не пропитанной штейно-шлаковым расплавом) сохраняются повышенные стойкость к воздействию давления расплава и химическая стойкость по отношению к кислороду. Повышение стойкости достигается только при совместном применении отходов гранитного производства и жидкого стекла.

Футеровка, разработанная с применением фурменных блоков из специальных масс и конструкций фурменного пояса, показала повышенную стойкость при службе в горизонтальных конвертерах в ОАО «Кировоградский медеплавильный комбинат» и ОАО «Уфалей-

ский никелевый комбинат». Стойкость футеровки увеличилась в 1,5–2,0 раза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Созданы фурменные блоки, позволившие уменьшить количество швов в футеровке конвертера в 4 раза.

2. Разработана специальная огнеупорная масса, обладающая повышенной теплопроводностью, способствующая снижению проникновения шлако-штейнового расплава в огнеупорные изделия на 20–30 мм, что резко повышает стойкость футеровки в результате скалывания.

2. Разработана огнеупорная масса, обладающая высокой химической стойкостью к воздействию шлако-штейновых расплавов.

3. Стойкость усовершенствованной футеровки медно-никелевого конвертера повысилась в 1,5–2,0 раза. Футеровка испытана в ОАО «Алавердинский горно-металлургический комбинат», ОАО «Уфалейский никелевый завод» и ОАО «Красноуральский медеплавильный комбинат».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Словиковский, В. В.** Служба периклазохромитовых фурменных блоков в горизонтальных конвертерах // В. В. Словиковский, В. И. Еромкина, Г. В. Кононенко [и др.] // Огнеупоры. — 1983. — № 7. — С. 49–52.
2. **Словиковский, В. В.** Повышение стойкости фурменного пояса горизонтальных конвертеров медно-никелевого производства // В. В. Словиковский // Цветные металлы. — 2006. — № 2. — С. 32–34.
3. **Словиковский, В. В.** Периклазохромитовые огнеупоры из плавящихся материалов / В. В. Словиковский, В. И. Ерошкина, Г. В. Кононенко [и др.] // Огнеупоры. — 1985. — № 3. — С. 47–49.
4. **А. с. 1583391 СССР.** Огнеупорная масса // Словиковский В. В., Чунаев В. В., Лошкарёва Л. Н., Веронян В. Н., Лазорев И. Н., Лушкина Т. Г. ; № 4418701/31-33(07797) ; опубл. 1990, Бюл. № 29; приоритет 17.06.86.
5. **А. с. 1349422 СССР.** Футеровка фурменного пояса горизонтального конвертера / Словиковский В. В., Чунаев В. В., Гомоюнов Л. М., Козубенко А. А., Максимов В. С. ; № 3946181/22-02 ; опубл. 1987, Бюл. № 40 ; приоритет 21.08.85.
6. **А. с. 1087494 СССР.** Способ изготовления магнетизальных изделий / Словиковский В. В., Чунаев В. В., Нагорных С. Н., Сидоров И. П., Козубенко А. А. ; № 3473876/29-33 ; опубл. 1984. ■

Получено 24.05.13

© В. В. Словиковский, А. В. Гуляева,
2013 г.