

К. Т. Н. В. В. Словиковский, А. В. Гуляева

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

УДК 666.762.32:669.2

ЭФФЕКТИВНЫЕ ФУТЕРОВКИ КИВЦЭТНЫХ АГРЕГАТОВ

Изучены причины малой стойкости элементов футеровок кивцэтных агрегатов, таких как свод, подина. С учетом химического состава шлака, штейна разработаны комбинированные конструкции кладок, подобраны наиболее стойкие огнеупорные изделия. По результатам работы на Иртышском полиметаллическом комбинате испытаны и внедрены арочный свод из периклазохромитового огнеупора взамен динасового, подина из периклазохромитового плавного огнеупора взамен периклазохромитового спеченного огнеупора. Стойкость футеровки возросла в 2,5 раза и составила 26 мес вместо 10 мес. Успешные испытания распорно-подвесного свода кивцэтного агрегата Усть-Каменогорского свинцово-цинкового агрегата показали целесообразность его использования взамен арочного. Продолжительность межремонтной кампании увеличилась до 17 мес.

Ключевые слова: совмещение металлургических процессов, медно-цинковый, свинцово-цинковый концентраты, периклазохромитовый, хромитопериклазовый, динасовый огнеупоры, арочный, распорно-подвесной свода, подина.

Кивцэтные (кислородно-взвешенной электро-термической плавки) агрегаты предназначены для переработки тяжелых цветных металлов и основаны на рациональном сочетании применения кислорода, электрической энергии, принципов циклонной и взвешенной плавки. Особое значение кивцэтный процесс приобретает в связи с переработкой новых сложных по минеральному и химическому составу медно-цинковых руд Николаевского месторождения.

Совмещение нескольких металлургических процессов в одном агрегате характеризуется разными температурными режимами в отдельных камерах, выделением газов сложного состава и малой вязкостью шлаков, что обуславливает особые требования к стойкости огнеупоров и конструкции элементов футеровки. Были проанализированы результаты службы огнеупоров в период освоения плавки коллективных медно-цинковых концентратов Николаевского месторождения на Иртышском полиметаллическом комбинате.

При переработке концентратов получают штейны с содержанием, %: Cu 40–50, Zn 5–10, S 20–21, а также шлаки с содержанием, %: Cu 0,4–0,9, Zn 7–12, Fe 25–30, CaO 8–12, SiO₂ 28–35. Температура среды в плавильной камере достигает 1800 °С, газов на выходе из плавильной камеры 1300 °С, штейна на выпуске из агрегата 1350 °С. В шлаке содержится значительное количество оксидов железа, кальция и цинка, шлак имеет малую вяз-

кость (0,3–0,4 Па·с) и относится к жидкотекучим, что увеличивает скорость взаимодействия его с огнеупорами.

Кампания кивцэтного агрегата, свод электро-термической камеры которого выполнен из динасового огнеупора, подина и стены — из периклазохромитовых изделий, составила 10 мес, что недостаточно. Причинами остановки были разрушение динасового свода электродинамической камеры; протекание подины в местах стыка со стенами и в районе подэлектродного пространства; сильный износ шпуровых узлов плавильной и электротермической камер агрегата. Остаточная толщина свода в отдельных местах не превышала 10 мм при первоначальной 300 мм (рис. 1). Наибольший износ футеровки стен наблюдался в районе отверстия для выхода газов.

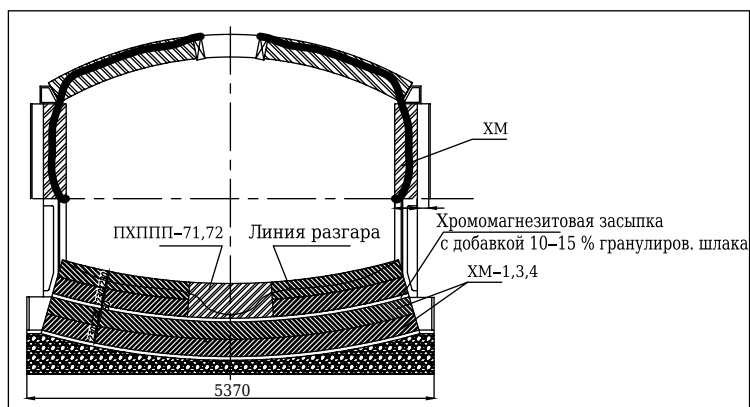


Рис. 1. Разгар футеровки электротермической части кивцэтного агрегата

Проведенные исследования службы огнеупоров показали, что для повышения стойкости футеровки кивцэтного агрегата необходимо совершенствовать схему кладки. Авторами настоящей статьи разработаны рекомендации по созданию схемы равностойкой кладки с применением высокостойких огнеупоров [1, 2].

В соответствии с рекомендациями в схеме футеровки кивцэтного агрегата предложено комбинированное использование высокостойких спеченных периклазохромитовых огнеупоров, огнеупоров на основе плавленного периклазохромита и специальной засыпки, которая придает подине монолитность [3, 4]. Стены обеих камер агрегата на уровне расплава выполнены из медных кессонов, а выше зафутерованы периклазохромитовым огнеупором. Для свода электротермической части кивцэтного агрегата распорного типа использованы высокоустойчивые периклазохромитовые огнеупоры.

В результате замены применявшегося ранее электродинаса, требующего длительной сушки и разогрева, составлен график ускоренного разогрева кивцэтного агрегата, что дало значительную экономию электроэнергии, затрачиваемой на разогрев.

Проведенные мероприятия позволили увеличить стойкость футеровки в 2,5 раза и довести кампанию кивцэтного агрегата до 26 мес, что привело к сокращению числа ремонтов, уменьшению затрат ручного труда, экономии топлива и электроэнергии, увеличению выпуска цветных металлов.

Агрегат КИВЦЭТ-ЦС (кислородно-взвешенной электротермической плавки свинцово-цинкового сырья), эксплуатируемый на Усть-Каменогорском свинцово-цинковом комбинате, предназначен для переработки сульфидных концентратов тяжелых цветных металлов и основан на рациональном сочетании применения кислорода, электрической энергии, принципов циклонной и взвешенной плавки. Химический состав шихты, %: Pb 35–45, Zn 78, Cu 1,5–3,0, Fe 6–10, S 16–20, SiO₂ 6–9, CaO 5–7. Процессы обжига, плавки разделения фаз и обеднения шлака протекают в одном агрегате. К преимуществам установки можно отнести: экологическую чистоту, высокое извлечение свинца и серы при небольших габаритах используемого оборудования, многократное снижение расхода топлива, улучшение условий труда и возможность автоматизации процесса.

Совмещение нескольких металлургических процессов в одном агрегате сопровождается раз-

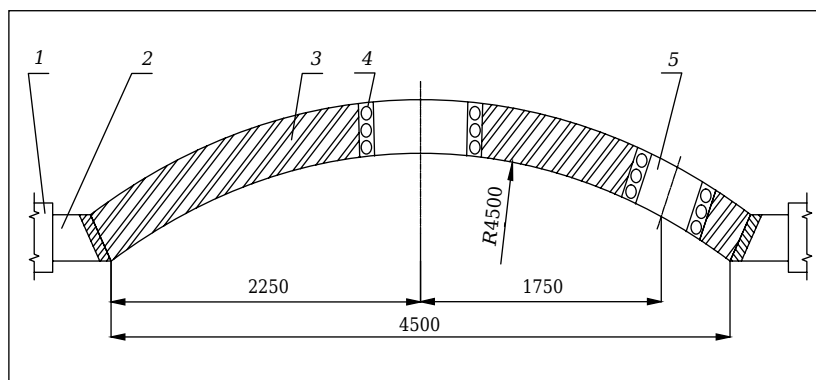


Рис. 2. Схема футеровки арочного свода кивцэтного агрегата: 1 — боковая пружина; 2 — пятая балка; 3 — футеровочный слой; 4 — кессон электродного отверстия; 5 — кессонированное загрузочное отверстие

ными температурными режимами в отдельных камерах — плавильной и электротермической, выделением газов сложного состава и малой вязкостью шлаков, что предъявляет особые требования к стойкости огнеупоров и конструкции элементов футеровки.

Арочный свод агрегата выложен периклазохромитовыми огнеупорами (рис. 2). Кампания агрегата определялась в основном стойкостью свода. Аварийные обрушения свода начинались с выпадения футеровки в области электродных отверстий, затем происходили в центральной части по оси печи с последующим обрушением периферийных участков. Срок службы свода не превышал 6 мес. Недостаток арочной конструкции заключался в увеличении нагрузки на балки каркаса. При этом распорные усилия, возникающие при высоких температурах, увеличивались динамически нагрузками. Использование боковых пружин для компенсации термического расширения огнеупоров недостаточно снижало локальные напряжения между изделиями в кладке. Происходило защемление и постепенное разрушение рабочего слоя футеровки в местах наибольших термических перепадов.

С использованием опыта применения распорно-арочного свода в отражательных печах Кировоградского и Красноуральского медеплавильных комбинатов была разработана и предложена конструкция распорно-подвесного свода применительно к агрегату КИВЦЭТ-ЦС. При разработке конструкции учитывали внутреннюю ширину печи, температурные условия работы, а также необходимость достижения определенной механической прочности для защиты от воздействия внешних нагрузок («хлопков», вибраций при загрузке и т. п.).

Конструкция распорно-подвесного свода (рис. 3) позволила снизить распорные нагрузки на каркас, создать внешнюю разгрузочную арматуру участков, работающих в особо нагруженных условиях.

Изготовление и монтаж свода проводили при реконструкции агрегата. Свод (см. рис. 3) выпол-

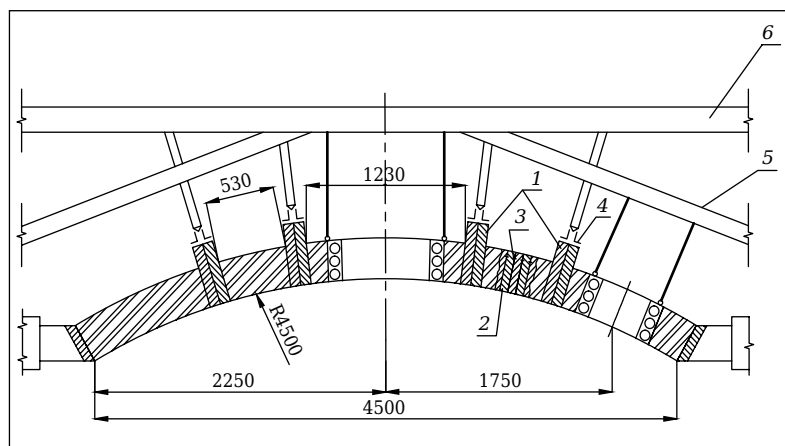


Рис. 3. Схема футеровки распорно-подвесного свода кивцэтного агрегата: 1 — ряд сдвоенных изделий длиной 460 мм для крепления подвесок; 2 — огнеупорные периклазохромитовые изделия длиной 300 мм; 3 — металлический палец; 4 — подвеска; 5 — укосина; 6 — поперечная балка

няли из периклазохромитовых огнеупорных изделий длиной 300 мм, подвески крепили к четырем рядам сдвоенных изделий длиной 460 мм с целью предотвращения перегрева металлической арматуры. Подвески крепили к огнеупорам с помощью металлических пальцев. Для лучшего удержания изделий в футеровке их также соединяли друг с другом металлическими пальцами. Для усиления поперечных балок были смонтированы укосины. Для устранения подсосов холодного воздуха и выбивания газов в цех свод снаружи покрывали огнеупорным раствором из хромомагнезитового порошка на жидком стекле.

Агрегат остановили на ремонт по замене свода через 17 мес после пуска. За время эксплуатации свода наблюдали лишь три случая выпадения нескольких изделий. Каких-либо значительных разрушений с рабочей стороны свода не произошло.

При осмотре внешней стороны свода было отмечено, что на изделиях длиной 460 мм, к которым крепили подвески, в местах соприкосновения с наружной поверхностью наметились трещины. Остаточная толщина огнеупоров по центру составила 70–80 мм, что соответствовало скорости износа 4,7–5,1 мм/сут, по периферии — 120 мм при скорости износа 3,5 мм/сут.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам работы на ИПК (Иртышском полиметаллическом комбинате) стойкость футеровки выросла в 2,5 раза и составила 26 мес, что приве-

ло к сокращению числа ремонтов, уменьшению затрат ручного труда, экономии топлива и электроэнергии, увеличению выпуска цветных металлов.

Применение распорно-подвесной футеровки свода агрегата КИВЦЭТ-ЦС Усть-Каменогорского свинцово-цинкового комбината взамен распорно-арочной позволило увеличить продолжительность межремонтной кампании до 17 мес, т. е. примерно в 3 раза, за счет меньшего износа изделий. К преимуществам новой футеровки следует отнести повышение надежности и снижение нагрузок от тяжести свода на огнеупорный материал, что предотвратило преждевременное разрушение при резких динамических усилиях, а также относительную простоту изготовления. Испытания показали целесообразность внедрения распорно-подвесной футеровки свода взамен распорно-арочной.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Словиковский, В. В.** Комбинированная схема футеровки кивцэтного агрегата / В. В. Словиковский, В. И. Ерошкина, Л. И. Петухова // Цветная металлургия. — 1986. — № 8. — С. 48–50.
2. **Словиковский, В. В.** Распорно-подвесной свод агрегата КИВЦЭТ-ЦС / В. В. Словиковский, Ю. И. Рожин, Т. А. Фоминцева // И.Л. ЦНТИ (г. Свердловск). — 1989 — № 674-89.
3. **Словиковский, В. В.** Периклазохромитовые огнеупоры из плавленных материалов / В. В. Словиковский, В. И. Ерошкина, Г. В. Кономенко [и др.] // Огнеупоры. — 1985. — № 3. — С. 47–49.
4. **А. с. 1052500 СССР** Способ получения плавленных периклазохромитовых материалов / В. В. Словиковский, Г. А. Нечистых, П. И. Бабин. — № 3467658/29–33/17203 ; заявл. 09.07.82 ; опубл. 1983 г., Бюл. № 41.
5. **Словиковский, В. В.** Испытание распорно-подвесной футеровки свода на агрегате КИВЦЭТ-ЦС / В. В. Словиковский, Ю. И. Рожин, Д. Д. Кочкина [и др.] // Цветная металлургия. — 1992. — № 2. — С. 14–17. ■

Получено 04.02.13

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