

ОСОБЕННОСТИ МАССООБМЕНА В ДВУХКАМЕРНОМ АГРЕГАТЕ НЕПРЕРЫВНОГО КОНВЕРТИРОВАНИЯ

А.А.ГАЛЬНБЕК

При законченном цикле непрерывного конвертирования с получением в одном агрегате из штейна конечного продукта – файнштейна и выдачей приемлемых конвертерных шлаков необходимо использовать двухкамерный агрегат [1,2]. При этом решающее значение имеет организация массообмена между камерами.

Общая схема массообмена в двухкамерном агрегате непрерывного конвертирования (АНК) предусматривает противоточное перемещение шлака и сульфидной массы. При этом богатый первичный шлак, образующийся в продувочной камере (П – камере) над ванной конечного продукта, поступает в шлаковую (обеднительную) камеру (Ш – камеру), где обедняется за счет взаимодействия с от-

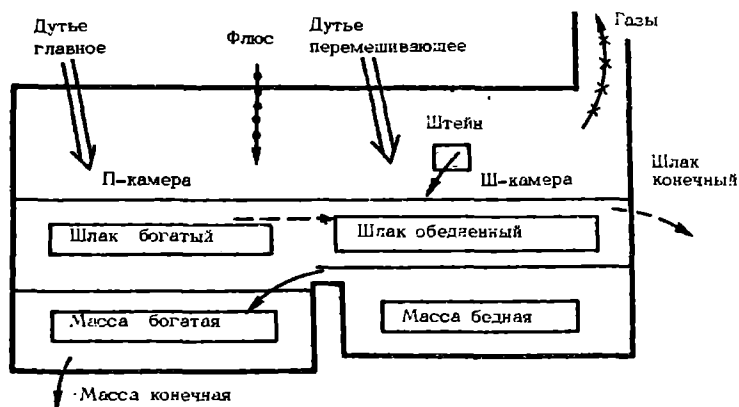


Рис. 1. Предполагаемая схема массообмена при общем уровне шлака в камерах

носительно бедной первичной сульфидной массой, которая в дальнейшем поступает в П – камеру (рис. 1).

На входе и выходе АНК как единого агрегата необходимые направление и интенсивность массообмена обеспечиваются соответствующим расположением загрузочных и выпускных устройств (окон, шпуров и т.д.) и режимом загрузки и выпуска материалов и продуктов процесса. Эта сторона работы АНК не вызывает принципиальных осложнений.

Представлялось вероятным, что правильная организация потоков на входе и выходе агрегата в сочетании с определенными конструктивными решениями рабочего пространства АНК (размеры камер, расположение дутьевых фурм, высота разделительной перегородки и т.д.) сами по себе могут обеспечить необходимые показатели массообмена между камерами. В пользу этого свидетельствуют результаты качественного моделирования гидродинамики двухкамерного АНК [4] и разработки комбинированных процессов, в которых противоточный массообмен формируется за счет аналогичных факторов [5,6]

В соответствии с этим в начале полупромышленных испытаний двухкамерного АНК медно-никелевых штейнов на ГМК "Печенганикель" принудительный массообмен между камерами не создавался. Предполагалось, что работа АНК будет проходить по следующей схеме (рис. I). В III-камере благодаря заливке порций исходного штейна уровень массы всегда будет соответствовать верхнему срезу разделительной перегородки (не считая некоторого понижения уровня между заливками штейна за счет окисления сульфидов перемешивающим дутьем). По мере поступления в АНК свежего штейна обогащенный штейн III-камеры переливается через срез перегородки в II-камеру. Из II-камеры первичный шлак, вытесняемый накапливающейся богатой массой, поступает навстречу обогащенному штейну. Уровень шлака в обеих камерах практически одинаков, однако толщина шлакового слоя различна - в II-камере уровень сульфидного расплава ниже среза перегородки.

Легко заметить, что реализация рассмотренной схемы обеспечивается, при заданном расходе дутья и соответствующей ему подаче исходного штейна, режимом выпуска конечного продукта, при котором поддерживается оптимальная толщина шлакового слоя (или, что то же самое, - уровень богатой массы) в II-камере. При этом АНК может работать не только в стабилизированном, но и в циклическом режиме [2,3]. Полупромышленные испытания показали, однако, что осуществить рассмотренную схему массообмена весьма сложно.

Во-первых, в АНК, наряду с главными потоками циркулирующего расплава, которые замкнуты в вертикальной плоскости [2], происходит заметная горизонтальная циркуляция в шлаковом слое [4]. Она может охватывать значительную часть зеркала ванны, расположенную между зонами продувки и отстаивания шлака [2]. Интенсивность ее возрастает с увеличением удельной нагрузки агрегата по дутью. Первичный шлак II-камеры, обогащенный взвесью сульфидов, попадая в III-камеру, обедняется и вследствие указанной циркуляции вновь поступает в II-камеру. Он является, таким образом, непрерывным переносчиком богатой сульфидной массы в шлаковую часть АНК, что ведет к выравниванию составов массы в камерах.

Во-вторых, при удельной нагрузке II-камеры по дутью $10-15 \text{ м}^3/(\text{мин} \cdot \text{м}^2)$ в нормальных условиях в результате выбросов расплава из дутьевых воронок основного дутья значительная часть массы и шлака переносятся через перегородку из II-камеры в III-камеру.

В итоге в ходе продувки между камерами АНК отсутствует желаемая дифференциация составов масс. Большую часть продувки эти составы почти одинаковы, отличаясь по содержанию железа, как правило, не более чем на 3-5%. При этом закономерной разницы в составах не наблюдается и нередко случаи,

когда масса в III-камере оказывается обогащенной цветными металлами в большей степени, чем в II-камере. Это вызвано большей скоростью обогащения массы в III-камере перемешивающим дутьем из-за ее меньшего приведенного объема (отношения рабочего объема камеры к расходу подаваемого в нее кислорода дутья).

Продувки проводились при дутьевой нагрузке в II-камере 10-13 м³/(мин·м²), в III-камере - 5-7 м³/(мин·м²) в нормальных условиях.

Пример такой продувки приведен на рис. 2. Пунктирные линии, соединяющие точки составов масс, показывают направление изменения условно, так как ограниченность частоты отбора проб не позволяет выявить все моменты этих изменений.

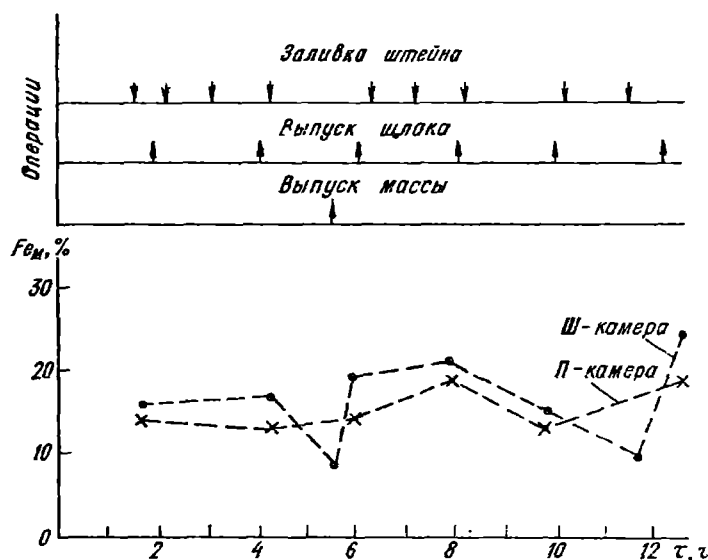


Рис. 2. Пример продувки при общем уровне шлака в II-камере и III-камере
FeM - содержание железа в сульфидной массе

Выявленная картина интенсивного неупорядоченного массосообмена между камерами заставила коренным образом изменить организацию процесса в двух-камерном агрегате (рис. 3). Для ликвидации переноса богатой массы из II-камеры в III-камеру был снижен уровень ванны и уменьшен расход главного дутья.

В III-камере уровень ванны удерживали ниже верхней кромки перегородки, чтобы исключить перенос шлака в II-камеру, где уровень ванны автоматически не мог превышать кромки перегородки: он удерживался либо на уровне кромки, либо несколько ниже за счет волнового переброса богатого шлака из камеры. Расход главного дутья был снижен до пределов, исключавших переброс массы из дутьевых воронок через перегородку. Переток богатого шлака в III-камеру происходил через кромку перегородки (плавно или волнами) самопроизвольно по мере его накопления.

При поддержании оговоренных уровней возможность транспортировки бедной сульфидной массы из III-камеры в II-камеру перетоком полностью исключалась, поэтому был применен принудительный перенос за счет переброса

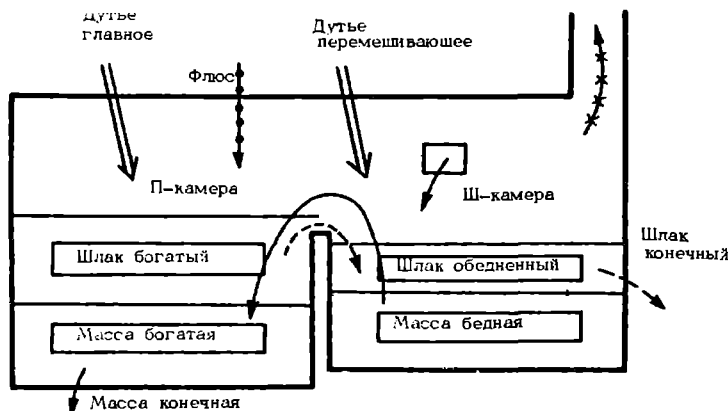


Рис. 3. Схема массового обмена в реализованном процессе с дифференцированным составом масс в камерах

массы перемешивающим дутьем. Для этого перемешивающие фурмы устанавливались достаточно близко к перегородке под углом $80-85^\circ$, что обеспечивало максимальную интенсивность выбросов массы из дутьевых воронок в сторону П-камеры.

В ходе продувки с получением фэйнтштейна, проводившейся в описанных выше условиях, постоянно удерживается значительная разница в составах масс камер, в отдельные периоды она достигает 25-30% по железу и выше. Это позволяет при получении в П-камере фэйнтштейна сливать в Ш-камере шлак с достаточно бедной массой.

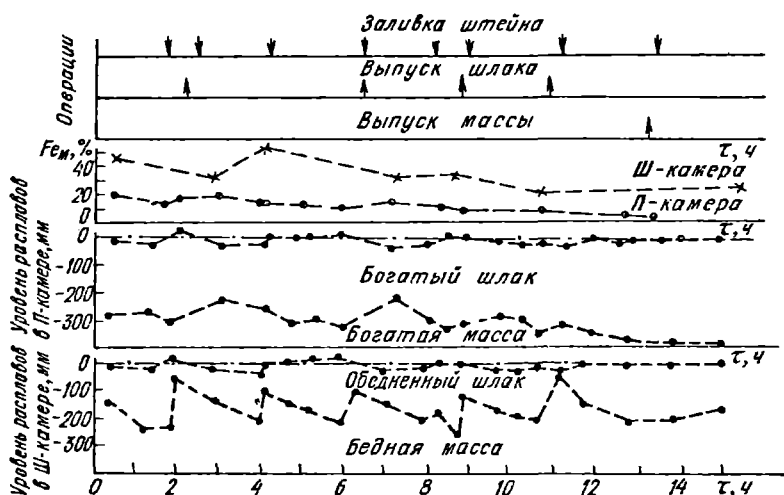


Рис. 4. Пример продувки с дифференцированным составом масс в камерах. За нулевой уровень принят уровень верхней кромки разделительной перегородки

Данные рис. 4 показывают, насколько большое значение имеет поддержание уровня ванны в Ш-камере ниже кромки перегородки (что достигается своевременным сливом из АНК шлака). В отдельные моменты продувки Ш-камера переполнялась, уровень в ней ванны становился ненамного (на 20-30 мм) выше кромки перегородки. После этого разница в составах масс, как правило, заметно снижается.

Работа двухкамерного АНК в рассматриваемом режиме требует довольно четкой регламентации ряда условий продувки. Прежде всего это касается подвода дутья. Удельная нагрузка П-камеры и другие параметры главного дутья должны исключать прямой переброс массы из камеры. Это условие выполняется при удельной нагрузке не выше $6-8 \text{ м}^3/(\text{мин} \cdot \text{м}^2)$ в нормальных условиях; дутье должно при этом концентрироваться в головной части камеры. Перемешивающее дутье, ответственное за транспортировку бедной массы из Ш-камеры, напротив, должно концентрироваться у перегородки; удельный расход его, учитывающий как необходимую интенсивность переброса, так и условия отстаивания шлака в хвостовой части камеры, ограничивается $4-6 \text{ м}^3/(\text{мин} \cdot \text{м}^2)$ в нормальных условиях.

Второе существенное обстоятельство — толщина слоя шлака в Ш-камере. Условия продувки, обеспечивая переброс массы из камеры, одновременно не должны допускать переноса обедненного шлака. Это возможно лишь при умеренном слое шлака в Ш-камере. Однако чрезмерное снижение толщины шлака увеличивает износ перемешивающих фурм и затрудняет чистый слив шлака из АНК. В связи с этим возможный интервал колебаний толщины шлакового слоя в Ш-камере довольно ограничен. В полупромышленном агрегате он обычно составлял 100–250 мм — последняя цифра отвечает накоплению шлака перед сливом (см. рис. 4).

Преброс массы перемешивающим дутьем в ходе продувки носит нестабильный характер. Периодическое образование и срыв концевых настывлей на фурмах, колебания толщины слоя шлака и общего уровня ванны в Ш-камере обуславливают значительные изменения в интенсивности переброса. Хотя последней свойственно самовыравнивание, постоянная времени этого процесса в ряде случаев может оказаться слишком большой для сохранения необходимых показателей продувки. Весьма важно поэтому обеспечить двухкамерный АНК средствами автоматического управления массообменом, например, путем регулирования расхода перемешивающего дутья в зависимости от толщины слоя шлака в Ш-камере. При циклическом режиме регулирование должно иметь коррекцию по рабочим операциям агрегата.

Л и т е р а т у р а

1. Гальнбек А.А. — Зап.ЛГИ, 1973, т.54, вып.3, с.60–67.
2. Дюмидовский Д.А., Гальнбек А.А. — Зап. ЛГИ, 1973, т.53, вып. 3, с.94–107.
3. Одинцов В.А., Гальнбек А.А. — Деп. ЦНИИШМ, реф. 11Г417 *Деп.*, РЖ Металлургия, 1976, №11.
4. Шмояни Ю.Б. Определение условий получения обедненных шлаков при непрерывном конвертировании штейнов. — Автореф. канд.дисс. Л., ЛГИ, 1968.
5. Themelis N.J. and other. — Jour. of Met., 1972, April.
6. Worner H.K. — Paper N 12 to J.M.M.Symposium. Advances in Extractive Metallurgy. 1967, April, London.