

ПЕРЕПЛАВ АЛЮМИНИЕВЫХ ШЛАКОВ В ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ ПЕЧИ

В. Г. Радченко, В. Н. Шабалин, К. М. Трашков, В. И. Душаткин, И. С. Широков

В последние годы разработано достаточно много эффективных способов извлечения металлического алюминия из шлаков [1]. Однако известные способы и применяемое оборудование рассчитаны на очень большие объемы перерабатываемых шлаков, что требует для их внедрения значительных капитальных затрат. Кроме этого, для известных технологий, одним из условий эффективности является наличие металлического алюминия в шлаке не менее 35%. Поэтому задача переработки отходов алюминиевого производства непосредственно в условиях литейных цехов и заводов остается пока практически не решенной. В то же время переработка даже бедных шлаков с низким содержанием металлического алюминия (ниже 35%) непосредственно на месте с использованием новых технических решений может быть достаточно эффективной. На ЗАО "ЗАЛ" ежемесячно образуется не более 25...30 тонн алюминиевого шлака, поэтому его реализация на перерабатывающие предприятия оказывается низко рентабельной. Переработка шлаков внутри завода дает возможность дополнительного получения вторичных алюминиевых сплавов собственного производства по более низкой себестоимости.

Для переработки небольших промышленных партий в АлтГТУ разработан способ электродугового переплава алюминиевых шлаков в однофазной электродуговой печи переменного тока. Ведение дугового процесса осуществляется с использованием модернизированной установки А-550МУ конструкции ИЭС им. Е. О. Патона. Источником питания электрической дуги служит серийный сварочный трансформатор типа ТШС-3000-1. Электродуговой процесс ведется с использованием графитовых электродов диаметром 100...150 мм.

Принятая на установке система автоматического регулирования позволяет поддерживать стабильное горение электрической дуги переменного тока между графитовым электродом и шлаковой массой во время всего процесса переплава. Процесс ведется при допустимом напряжении на дуге и плотностях тока на электроде. Для переплава алюминиевых шлаков и

ниевых шлаков и накопления металлической ванны используется керамический тигель, футерованный огнеупорной массой на основе шамотного порошка и имеющий токопроводящий электрод (поддон). Тигель оборудован механизмом поворота, необходимым для его опрокидывания и слива получаемого жидкого алюминиевого сплава. Внутренняя емкость используемых тиглей составляет 0,2...0,25 м³.

Разработанная для ЗАО "ЗАЛ" технология электродуговой переработки алюминиевых шлаков включает несколько этапов. Первый этап заключается в подготовке шлаковой массы к переплаву.

В переработку используется шлаковая масса, содержащая в себе оксиды алюминия металлического вида. Куски шлака "песчаного" вида, т.е. зольный засор, для переработки непригодны. Поэтому перед переплавом производится измельчение крупных кусков шлака на специальном гидравлическом прессе и его сепарация с удалением кусков зольного засора и других инородных включений, в частности отходов черных металлов. Затем крупные фрагменты шлаковой массы передаются для дополнительного измельчения на щековой дробилке. Наиболее благоприятный для переплава размер кусков шлака после дробления составляет по диагонали 40...50 мм. Перед передачей на переплав, шлаковая масса дополнительно проходит обработку на выбивной решетке, где отделяется зольный засор мелкой фракции, с размером частиц до 1,5...2,0 мм.

Процесс переплава алюминиевых шлаков начинается с возбуждения электрической дуги между графитовым электродом и подиной плавильной емкости (тигля). Старт процесса осуществляется с алюминиевого скрапа, либо с алюминиевой стружки. После возбуждения и стабилизации электрической дуги в рабочее пространство тигля порционно с массой навески до 10 кг подается алюминиевый шлак. В не разогретом состоянии и при малой концентрации металлического алюминия в шлаке он не электропроводен. После предварительного прогрева первых порций

электрической дугой он становится электропроводным и осаживается в тигле.

При перемешивании загруженной шлаковой массы в тигле достигается ее прогрев электрической дугой; кроме того, происходит обновление шлаковой массы под электродом, где протекают основные физико-химические процессы выделения алюминия из шлака. Одним из основных процессов, способствующих выделению алюминия из шлака, является катодное распыление окисных пленок на поверхности шлака, развивающееся при воздействии на него электрической дуги переменного тока [2]. Кроме этого, в дуговом промежутке термодинамически возможен процесс непосредственного восстановления металлического алюминия из его оксидов в шлаке [3, 4]. Получаемый жидкий алюминий в разогретом дугой шлаке концентрируется в отдельные капли. Капли большого размера сразу скатываются в жидкую металлическую ванну, образовавшуюся на дне тигля, а капли маленьких размеров остаются предварительно в шлаковой массе для дальнейшего роста и достижения соответствующего размера.

Для интенсификации протекающих процессов и истечения расплавленного алюминия из разогретой шлаковой массы, а также для обновления шлаковой массы под электродом, производится периодическая осадка и перемешивание шлаковой массы. Затем производится завалка в тигель свежей порции шлаковой массы и обработка ее электрической дугой. Длительность обработки одной завалки шлака ≈ 10 кг не превышает 10 минут. Большой выход жидкого металла из шлака достигается при небольших порциях завалки (3..6 кг) и полном прогреве шлаковой массы, а также более интенсивном ее перемешивании. Максимально полная завалка тигля шлаком не превышает 100 кг. После полного заполнения тигля алюминиевым шлаком и по завершении процесса его переплава электрической дугой производится окончательное, полное перемешивание шлаковой массы, обеспечивающее стекание остатков металлического алюминия в ванну с жидким расплавом. Окончательное перемешивание шлаковой массы производится при снятой нагрузке электродуговой печи. Время полного цикла обработки 100 кг загрузки алюминиевого шлака не превышает одного часа. После этого производится слив полученного алюминиевого сплава из тигля, с последующим удалением из плавильной емкости остатков отработанного шлака.

Опытно-экспериментальные плавки показали, что в электродуговой печи переменного тока дополнительно развивается процесс восстановления алюминия из оксидов шлака с получением алюминиевого сплава, переходящего в жидкую металлическую ванну. Выход годного в сравнении с известными технологиями переплава алюминиевых шлаков увеличивается до 10%. При использовании электродуговой технологии для переплава бедных алюминием "черных" шлаков выход годного составляет до 30...35%, а при переплаве более богатых алюминием "белых" шлаков выход годного достигает до 45...50%. Богатые алюминием съемы с большим содержанием металлического алюминия до 70...90% переплавляются ЗАО "ЗАЛ" на специальном оборудовании. Отжатые съемы и образующиеся шлаки дополнительно проходят обработку электродуговым способом.

Остаточное содержание алюминия в шлаках, переплавленных в электродуговой печи, не превышает 1,5...2%. Расход электроэнергии на получение вторичного алюминиевого сплава из шлака при электродуговом переплаве составляет от 1,5 до 2,0 кВт · ч / кг.

Разработанная технология переплава алюминиевых шлаков в электродуговой печи переменного тока внедрена с 2001 года в условиях ЗАО "Завод алюминиевого литья" и позволяет реально получать до 100...150 тонн вторичных алюминиевых сплавов в год. Срок окупаемости дополнительных капиталовложений не превышает одного года.

Литература:

1. Ходаков С.П., Ходаков П.Е., Макаров Г.С. Переработка алюминиевых шлаков и их использование. Технология легких сплавов, 1999, № 4, с. 61–69.
2. Теория сварочных процессов. / Под ред. В.В. Фролова. – М.: Высшая школа, 1988, 559 с.
3. Крестовников А.Н., Владимиров Л.П., Гуляницкий Б.С., Фишер А.Я. Справочник по расчетам равновесий металлургических реакций. – М.: Металлургиздат, 1963, 416 с.
4. Катков О.М. О некоторых особенностях карботермического восстановления оксидных минералов алюминия и кремния в дуговой электропечи. Изв. вузов. Цветная Металлургия, 1998, № 4, с. 15–19.