

УДК 621.746.58.001.57

ПОВЫШЕНИЕ СТЕПЕНИ СУХОЙ ГАЗООЧИСТКИ НА АЛЮМИНИЕВЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Пятернева А.А.

*Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»,
Санкт-Петербург, e-mail: pyaterneva_sasha@mail.ru*

Работа посвящена проблеме оценки и снижению техногенной нагрузки на окружающую среду, в результате деятельности алюминиевых заводов России. Алюминиевая промышленность является источником поступления в атмосферу ряда загрязняющих веществ – фтористых и сернистых соединений, пыли, оксида углерода, смолистых веществ. Это связано с особенностями технологии промышленного получения алюминия, при которой используются такие сырьевые компоненты, как фтористые соли, прокаленный кокс, каменноугольный пек и др. Развитие экологически чистых ресурсосберегающих технологий в производстве алюминия необходимо. Повышение единичной мощности электролизера должно происходить при постоянном совершенствовании систем очистки отходящих электролизных газов. Достаточно эффективной является технология сухой очистки с использованием в качестве основного сорбента металлургического глинозема. Технология сухой очистки газов позволяет осуществлять рециклинг фторидов. Однако эффективное улавливание фторсодержащих соединений требует подробного изучения физико-химических свойств глинозема. Обсуждаются проблемы, связанные с повышением эффективности работы газоочистных сооружений и снижением количества выбросов во время производства первичного алюминия электролитическим способом. Изучен механизм хемосорбции глинозема песочного типа в изменяющихся потоках отвода газов, во время технологических операций в пусковой период электролизера.

Ключевые слова: электролиз, сухая газоочистка, электролизеры, фторированный глинозем

INCREASING DEGREE OF DRY GAS TREATMENT AT THE ALUMINIUM INDUSTRY

Pyaterneva A.A.

*National mineral resources university «Mining University»,
Saint- Petersburg, e-mail: pyaterneva_sasha@mail.ru*

Work is devoted to a problem of decrease in technogenic impact of environment as a result of activity of smelter reduction area in Russia. The aluminum industry is a source in the atmosphere of a number polluting substances – fluoride and sulfides, dust, carbon monoxide, tarry substance. This is due to the industrial technology of aluminum in which raw materials are used such as fluoride salts, calcined coke, coal pitch and. Development of environmental resource-saving technologies in production of aluminum is necessary. Increasing power of the cell should occur with continuous improvement of systems for exhaust gases. The technology of dry treatment with use as the main sorbent of alumina is quite effective. Dry gas treatment technology enables recycling of fluoride. In spite of effective catching of fluorinated requires a detailed investigating of the physicochemical properties of alumina. The problems connected with increasing of effective work gas treatment and decrease of emissions during aluminium reduction process. The mechanism of the chemical sorption of alumina of sand type in the changing flow degassing during manufacturing operations in the start up of the cell.

Keywords: aluminium reduction process, dry gas treatment, cells, fluorinated alumina

Рост производства алюминия обусловлен его уникальными физико-химическими свойствами, благодаря которым этот металл нашел широкое применение в электротехнике, авиа- и автостроении, транспорте, производстве бытовой техники, строительстве, упаковке пищевых продуктов и пр.

Единственным промышленным способом производства алюминия является электролиз оксида алюминия Al_2O_3 (глинозема) в расплаве криолита $3NaF \cdot AlF_3$ [2]. Производство алюминия связано с высоким расходом электроэнергии и сырья – глинозема, фторидов, электродных коксов, пека и др. Во время процесса электролиза происходит негативное влияние на состояние окружающей среды, которое сопровождается выделениями и выбросами в атмосферу фторидов, диоксида серы, канцерогенных соединений, пыли и других соединений. Ко-

личество выделяющихся веществ зависит от целого ряда факторов – типа, конструкции и мощности электролизера, технологического режима электролиза, качества и состава сырья, мощности завода в целом, а также материалов, используемых для футеровки и анодов [1].

Специфика производства алюминия в России (ОК РУСАЛ) заключается в том, что в эксплуатации находится три типа электролизеров – с самообжигающимися анодами (с верхним ВТ и боковым токоподводом БТ) и с обожженными анодами ОА, причем на 75% доминирующим является производство алюминия в электролизерах с самообжигающимися анодами (электролизеры Содерберга) [5]. Основными недостатками электролизеров Содерберга являются ограниченные возможности повышения единичной мощности, а также

использование современных средств механизации и автоматизации, в том числе систем автоматизированного питания глиноземом АПГ. При обжиге анодов в атмосферу попадает значительное количество вредных для здоровья углеводородов — смол и газов. Кроме того система газоочистки работает крайне неэффективно из-за конструктивных особенностей этих электролизеров [3].

Электролизёры с обожженными анодами практически лишены этих недостатков, и на этом типе электролизеров возможно повышение мощности путём увеличения числа анодов и расширения геометрических размеров ванн. Электролизёр ОА более приспособлен для механизации и автоматизации технологических операций, а сбор и очистка анодных газов производятся с большей эффективностью (до 98,5%), в газах нет смолистых веществ и углеводородов. В настоящее время все вновь строящиеся алюминиевые заводы оснащаются электролизёрами ОА на силу тока 275–350 кА, в частности в конце 2013 года намечен пуск первой очереди Богучанского алюминиевого завода (Красноярский край).

Несмотря на высокие показатели систем газоочистки для электролизеров ОА, реальная степень очистки при разгерметизации во время технологических операций и пусковой период составляет 50–75%, при

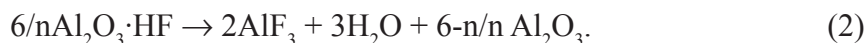
этом не учитываются фонарные выбросы, поступающие через аэрационные фонари производственных корпусов.

Следовательно, для того, чтобы действительно повысить экологическую безопасность алюминиевых производств, необходимо разработать эффективные технологии по извлечению из отводимых газов фторида водорода в максимально возможной степени и снизить выбросы во время обслуживания электролизеров.

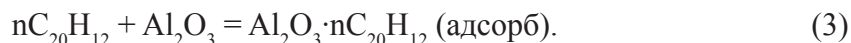
Особенности очистки отходящих газов

В последние годы в России и за рубежом самым распространенным методом очистки электролизных газов при производстве алюминия является метод сухой очистки газов от фтористых соединений на газоочистных установках (ГОУ). Во время работы электролизера основная часть газов собирается в системе газопроводов и направляется в реакторы сухой очистки газов, где в качестве сорбента используется металлургический глинозем.

Технология улавливания фтористого водорода в системе сухой газоочистки основана на способности глинозема поглощать фтористый водород. В реакторе-адсорбере в режиме аэровзвеси, происходит процесс соединения фтористого водорода с оксидом алюминия:



Одновременно происходит адсорбция оксидом алюминия полициклических ароматических углеводородов:



В рукавных фильтрах при прохождении очищаемых газов через слой глинозема, осевшего на материале, продолжается процесс очистки газов.

В результате образуется фторированный глинозем, который возвращается в электролизеры как источник сырья оксида и фторида алюминия. Это обеспечивает практически полную утилизацию уловленных фторидов без дополнительной переработки. Фторидные составляющие электролита имеют высокое давление паров и характеризуются большими расходными коэффициентами – 30–60 кг на 1 т металла, что составляет (4–8%) в себестоимости производства первичного алюминия [4].

Однако во время обслуживания электролизера в некоторых случаях электролизер находится в разгерметизированном

состоянии, что существенно снижает эффективность работы ГОУ. В ходе работы изучалось количество выбросов, которые образуются во время технологических операций (замена анода, перетяжка анодной рамы, выливка металла), в пусковой период и в период капитального ремонта электролизера. Проведена оценка работы систем газопылеудаления и выработаны мероприятия для снижения фонарных выбросов в эти периоды работы электролизеров. Наибольшие трудности и проблемы вызывают пусковые электролизеры. В этот период неконтролируемые выбросы происходят в течение 5–7 дней. В работе также изучались пути интенсификации процесса очистки отходящих газов за счет увеличения степени улавливания летучих компонентов при использовании глиноземов песочного типа.

Интенсификация процесса очистки отходящих газов

В настоящее время, даже при использовании современного оборудования (ГОУ норвежской фирмы ALSTOM), эффективность процесса очистки недостаточно высока, а качество получаемого фторированного глинозема значительно хуже исходного. Это происходит в связи с тем, что технология очистки не адаптирована к изменению физико-химических свойств глинозема и температуры газов, при изменении условий забора газов во время технологического обслуживания.

Учитывая, что выделяющиеся фториды являются вредными для окружающей среды (второй класс опасности), а фторированный глинозем является сырьем для производства алюминия, актуальной научной проблемой является совершенствование технологии сухой очистки отходящих газов.

Целью работы являлось научное обоснование и разработка новых технических решений, позволяющих интенсифицировать процесс очистки отходящих газов высокоамперных электролизеров. Для решения этой проблемы решались следующие задачи:

- Анализ поэтапного изменения физико-химических свойств глинозема.

- Определение вещественного, гранулометрического состава глинозема и эффективность его улавливания.

- Определение активной площади поверхности для максимальной адсорбции фтористых соединений.

- Определение механизмов улавливания газов в условиях сухой газоочистки.

Для изучения улавливающей способности глинозёмов различного типа и качества были поэтапно отобраны пробы с электролизеров РА-300 (участок 1–2), из системы газодов электролизных корпусов (участок 3) и сухой газоочистки (участок 4) на Хакасском алюминиевом заводе. Проанализировано поэтапное изменение физико-химических свойств. После участка газоочистки происходит увеличение химически связанной влаги, а содержание адсорбированной влаги остается на прежнем уровне.

При статистической обработке проб было определено влияние технологических этапов на структурные особенности пыли, определен вещественный и гранулометрический состав образцов фторированного глинозема. По результатам анализа можно заключить, что глинозем, прошедший сухую газоочистку, характеризуется минимальным содержанием мелкой фракции и повышенным содержанием примесей, при этом содержание крупной фракции +152,5 мкм значительно уменьшается.

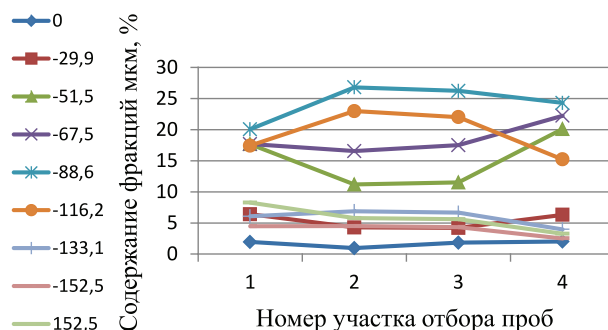


Рис. 1. Изменение содержания фракций в образцах глинозема

Микроструктурные исследования частиц фторированного глинозема свидетельствуют об агломерации глиноземной пыли (поверхностных осколков) и увеличении удельной площади поверхности частиц.

Фторирование глинозема происходит в основном с участием двух соединений, фтороводорода и тетрафторалюмината натрия, а механизм процесса фторирования глинозема основан на хемосорбции фтористого водорода оксидом алюминия.

Образование на поверхности глинозема фтористых соединений и увеличение содержания влаги способствуют агломерации мелких частиц в более крупные, однако высокая интенсивность переме-

шивания создает условия для истирания фракции +152,5 мкм. Снижение степени фторирования глинозема на участке ГОУ может быть связано с разгерметизацией электролизера в пусковой период.

Выводы

Повышение амперной нагрузки на электролизерах с обожженными анодами обеспечивает рост производительности, но при этом увеличивается экологическая нагрузка, в-первую очередь из-за выделения фтороводорода, которая связана с работой систем сухой газоочистки при удалении и нейтрализации фторида водорода отходящих газов во время работы и при выполнении

технологических операций. Важным фактором является качество глинозема как основного улавливающего компонента и изучение его влияния на химический состав электролита и материальный баланс электролизера по фтористым солям. Количество выделяющихся электролизных газов постоянно изменяется, при этом параметры процесса улавливания газов остаются постоянными. По изменению свойств глинозема в дальнейшем можно корректировать его дозирование и время контакта в промышленных реакторах систем газоочистки с отходящими газами.

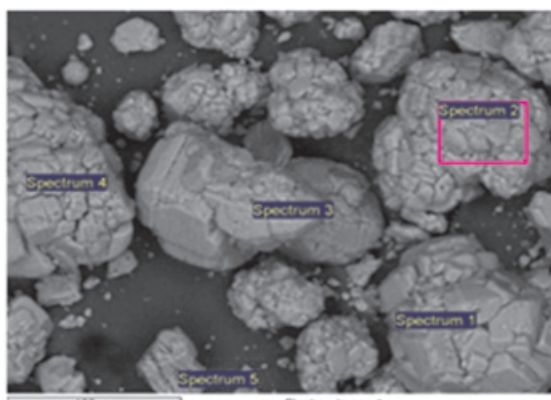
● Взаимодействие глинозема с соединениями фтора в условиях сухой газоочист-

ки приводит к уменьшению как мелкой (–67,5 мкм), так и крупной (+152,5 мкм) фракций.

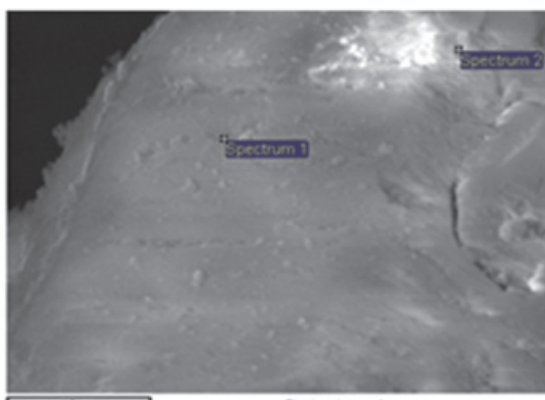
● Микроструктурные исследования частиц фторированного глинозема свидетельствуют об агломерации глиноземной пыли (поверхностных осколков) и увеличении удельной площади поверхности частиц.

● Фторирование глинозема происходит в основном с участием двух соединений, фтороводорода и тетрафторалюмината натрия.

● Механизм процесса фторирования глинозема основан на хемосорбции фтористого водорода оксидом алюминия из-за повышенного содержания влаги.



а



б

Рис. 2. Поверхность частиц глинозема № 1 (а) и 2 (б)

Таким образом, повышение единичной мощности электролизера должно происходить при постоянном совершенствовании систем очистки отходящих электролизных газов. Повышение эффективности улавливания фторидов в процессе сухой очистки достигается при контроле количества образующихся газов и параметров процесса их улавливания в ГОУ.

Список литературы

1. Вшивков А.Ю. Разработка и исследование композиционных материалов для не расходующихся анодов в экологически чистом электролизе алюминия / А.Ю. Вшивков, В.И. Кирко, Г.Е. Нагибин // Социально-экологические проблемы природопользования в Центральной Сибири: Сб. материалов Международная школа-конференция [Электронный ресурс]. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2008. Режим доступа: http://conf.sfu-kras.ru/conf/ecoproblem/report?memb_id=756.
2. Галевский Г.В. Металлургия алюминия. Воздействие электролитического производства на окружающую среду и здоровье человека / Г.В. Галевский, М.Я. Минцис, Г.А. Сиразутдинов // Сиб. гос. индустр. ун-т. – Нц-к : Изд. центр СибГИУ, 2011. – 203 с.
3. Галевский Г.В. Экология и утилизация отходов в производстве алюминия: учебное пособие для вузов / Г.В. Галевский, Н.М. Кулагин, М.Я. Минцис. – 2-е изд. – М.: Флинта; Наука, 2005. – 268 с.
4. Пятёрнева А.А. Технология очистки отходящих газов высокоамперных алюминиевых электролизеров / А.А. Пятёрнева, А.А. Власов, В.Ю. Бажин // Актуальные вопросы технических наук (II): материалы международной заочной научной конференции – Пермь: Меркурий, 2013. – С. 49–52.
5. Сугак Е.В. Экологические проблемы алюминиевой промышленности / Е.В. Сугак, П.В. Поляков // Алюминий Сибири 2008: сборник статей международной конференции. – С. 238–242.

References

1. Vshikov A.Y., Kirko V.I., Nigibin G.E., *International School-Conference Socio-ecological environmental problems in Central Siberia, a collection of materials- Development and research of composite materials for non-consumable anodes in a green aluminum electrolysis*, 2008, available at : http://conf.sfu-kras.ru/conf/ecoproblem/report?memb_id=756.
2. Galevskiy G.V. Metallurgiya alyuminiya. Vozdeystvie elektroliticheskogo proizvodstva na okruzhayushuyu sredyu i zdorove cheloveka [Aluminum metallurgy. The impact of the electrolytic production on the environment and human health]. Novokuznetsk, Sibirskiy Gos. Univ., 2011. 203 p.
3. Galevskiy G.V. Ekologiya i utilizatsiya othodov v proizvodstve alyuminiya [Ecology and recycling of wastes in aluminum industry]. Moscow, Flinta, 2005. 268 p.
4. Pyaterneva A.A., Vlasov A.A., Bazhin V.Y. *Aktualnye voprosy tehnikeskikh nauk (II): materialy mezhdunarodnoy zaochnoy nauchnoy konferencii* (Actual questions of Engineering (II): materials of the international Conference of correspondence), Perm, Mercury, 2013, pp. 49–52.
5. Sugak E.V. *Ekologicheskie problemy alyuminiyevoy promyshlennosti* [Environmental problems of the aluminum industry]. Collection of articles of the international conference «Aluminum of Siberia 2008», pp. 238–242.

Рецензенты:

Утков В.А., д.т.н., профессор, ведущий специалист ОАО РУСАЛ ВАМИ, отдел производства алюминия, г. Санкт-Петербург;
Петров Г.В., д.т.н., профессор, генеральный директор ООО ТЕХНОЛИТ, г. Санкт-Петербург.

Работа поступила в редакцию 17.10.2013.