

УДК 669.713

А.Н. Баранов, Л.В. Гавриленко, А.В. Моренко, А.А. Блашков, С.И. Пентюхин*

**ПЕРЕРАБОТКА ТВЕРДЫХ ФТОРУГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ
АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Рассмотрена проблема переработки фторуглеродсодержащих отходов алюминиевого производства на примере пыли электрофильтров. Показана принципиальная возможность переработки пыли электрофильтров на примере ОАО «РУСАЛ Братск».

Ключевые слова: переработка отходов, фтор, углерод, угольная пыль.

При электролитическом производстве алюминия образуется ряд технологических отходов, которые требуют утилизации и/или захоронения, на что тратятся существенные средства.

Таблица 1

Химический состав пыли электрофильтров, % вес.

Определяемые компоненты, %								
Na ₂ SO ₄	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaF ₂	MgF ₂	AlF ₃	Al ₂ O ₃	C	Na ₃ AlF ₆
16,5	1,80	0,2	1,7	0,4	9,8	23,9	26,8	18,9

Однако есть отходы, которые можно и нужно эффективно перерабатывать. Примером такого вида отходов является пыль электрофильтров, которая образуется при предварительной очистке (обеспыливании) отходящих электролизных газов.

Объем и состав пыли могут значительно различаться в зависимости от состояния газоходного хозяйства, способов подачи сырья в электролизер, организации отвода отходящих газов от электролизера. Объем образования пыли электрофильтров в условиях ОАО «РУСАЛ Братск» составляет более 10407 тонн ежегодно, в том числе 5357 т. удаляется сухим способом и 5051 т. – мокрым способом.

Пыль электрофильтров – это мелкодисперсный порошок черного цвета. Примерный химический состав пыли электрофильтров приведен в таблице 1.

Присутствие оксида железа в пыли объясняется коррозией газоходного тракта, горелочных устройств, секций газосборного колокола электролизера, изготавливаемых из чугуна и стали.

В таблице 3 приведены результаты спектрального полуколичественного анализа пыли электрофильтров, из которого видно повышенное содержание в пыли электрофильтров тяжелых металлов: ванадия, свинца, титана, хрома, никеля и др.

Пыль электрофильтров – весьма тонкодисперсный отход, средний размер частиц варьируется от 10 до 25 мкм. Дисперсный состав пыли электрофильтров зависит от крупности используемого сырья, величины разрежения в системе газоотсоса и объема отходящих газов. Гранулометрический состав пыли электрофильтров приведен в таблице 4.

Таблица 2

Полуколичественный анализ микропримесей в пыли электрофильтров

Наименование элемента	Содержание элемента, % вес.
Бериллий Be	0,001 – 0,003
Ванадий V	0,01 – 0,03
Вольфрам W	0,01 – 0,03
Галлий Ga	0,03 – 0,10
Железо Fe	0,1 – 1,5
Кремний Si	0,01 – 0,1
Магний Mg	0,1 – 0,3
Марганец Mn	0,001 – 0,003
Медь Cu	0,001 – 0,003
Молибден Mo	0,001 – 0,003
Никель Ni	0,003 – 0,01
Свинец Pb	0,1 – 0,3
Титан Ti	0,003 – 0,1
Хром Cr	0,001 – 0,03

Таблица 3

Гранулометрический состав пыли электрофильтров

Класс крупности, мкм													
0–1	1–2	2–3	3–4	4–6	6–8	8–12	12–16	16–24	24–32	32–48	48–64	64–192	d _{cp}
0	4,9	2,4	0	5,5	3,0	9,0	0	27,0	2,3	24,9	4,5	16,5	22,9
Содержание класса, % вес.													

* - автор, с которым следует вести переписку.

Удельное электросопротивление пыли электрофильтров равно $4 \times 10^7 \div 10^8$ ом·см при температуре от 10 до 40 °С. Истинная плотность пыли электрофильтров равна в среднем 2,92 г/см³. Насыпная плотность сухой пыли электрофильтров варьируется от 0,86 до 1,15 г/см³. Угол естественного откоса изменяется в пределах 35–40 °.

Существующие способы переработки пыли электрофильтров. Анализ приведенных выше данных показывает, что пыль электрофильтров является ценным фторсодержащим сырьем, комплексная переработка которого позволит снизить потребление фторсодержащих солей алюминиевыми заводами, а также улучшит экологическую обстановку в районах их расположения.

Опыты по переработке проводились неоднократно, можно выделить следующие основные предлагаемые способы переработки пыли электрофильтров:

- выщелачивание;
- обжиг;
- спекание с последующим выщелачиванием спека;
- пиролитические способы;
- микробиологическое разложение;
- использование при производстве красителей, кирпичей, цемента, бетона, керамики;
- вовлечение при производстве анодной массы.

По разным причинам ни один из существующих способов переработки не доведен до внедрения в промышленном масштабе, а потому пыль электрофильтров продолжает накапливаться на шламовых полях алюминиевых заводов. В связи с этим рассмотрим возможную организацию переработки пыли электрофильтров в условиях ОАО «РУСАЛ Братск».

Пыль электрофильтров ОАО «РУСАЛ Братск» ввиду различного аппаратного оформления процесса обеспыливания отходящих электролизных газов делится на две категории: «сухая» пыль электрофильтров и пыль с гидросмывов. Пыль с гидросмывов образуется на электрофильтрах, оснащенных гидросмывами. Основное отличие «сухой» пыли электрофильтров и пыли с гидросмывов – влажность материала. Объемы образования «сухой» пыли электрофильтров и пыли с гидросмывов сопоставимы (таблица 1), поэтому следует рассматривать две технологии переработки пыли.

Переработка «сухой» пыли электрофильтров.

Ввиду низкой влажности материала возможна переработка «сухой» пыли электрофильтров на действующих электролизерах. На ОАО «РУСАЛ Братск» осуществлена «сухая» (адсорбционная) очистка отходящих электролизных газов полукопусов №№ 7 и 8. Отличительной особенностью такой очистки отходящих газов в разрезе

образования пыли электрофильтров является полное вовлечение образующейся пыли обратно в процесс электролиза. Суммарный объем возвращаемой пыли электрофильтров составляет примерно 76 т*мес./корпус. При этом технико-экономические показатели процесса электролитического получения алюминия в корпусе № 8 сопоставимы с рядовыми корпусами, отмечается лишь негативная тенденция по расходу электроэнергии и средневзвешенному содержанию железа и кремния. Однако следует отметить качественно более низкий расход фторсолей в корпусе № 8 (расход AlF_3 ниже на 8 кг/т), потому суммарный экономический эффект от вовлечения пыли электрофильтров в корпус № 8 является положительным.

Прямое вовлечение «сухой» пыли электрофильтров возможно осуществлять по способу вовлечения глинозема через приемные ямы складов глинозема. Единственное обязательное требование при этом – обеспечение равномерного распределения пыли в объеме первичного глинозема. Экспертно оцененное изменение технико-экономических показателей при этом приведено в таблице 4.

Таблица 4

Изменение технико-экономических показателей процесса электролитического получения алюминия при полном вовлечении «сухой» пыли электрофильтров в условиях ОАО «РУСАЛ Братск»

Удельное изменение расхода, кг/т (содержание в сырце, %)	
Глинозем, кг/т Al	1,53
Фтор в пересчете на фторид алюминия, кг/т Al	1,63
Углерод, % вес. в глиноземе	0,088
Железо элементарное, % вес. в сырце	0,004
Кремний элементарный, % вес. в сырце	0,0003

Данные в таблице 4 показывают, что изменение железа и кремния в производимом сырце не принципиально: порядок изменения – третья-четвертая цифра после запятой. Однако суммарный экономический эффект от снижения расхода глинозема, фторида алюминия, а также снижение выплат за размещение отходов (пыли электрофильтров) на шламовом поле в условиях ОАО «РУСАЛ Братск» оценивается в 58 млн. руб/год.

Переработка мокрой пыли электрофильтров. Прямая переработка мокрой пыли с гидросмывов по предлагаемой выше схеме переработки «сухой» пыли электрофильтров невозможна: данный вид пыли находится в водном растворе в виде взвеси, а потому нуждается в предварительной

обработке (обезвоживании). Демонтаж оборудования гидросмывов с последующей организацией «сухой» выгрузки пыли либо монтаж дополнительного оборудования для предварительного обезвоживания пыли требуют существенных капитальных затрат.

В период 2000-2009 гг. на участке производства фторсолей ОАО «РУСАЛ Братск» в промышленном объеме освоен способ переработки шлама газоочистки путем совместной флотации шлама с угольной пеной. Способ показал хорошие технико-экономические результаты, в первую очередь по извлечению фтора во вторичный криолит и содержанию углерода в хвостах флотации. Основной проблемой, с которой столкнулись технологи при флотировании шлама, являлось повышенное содержание смолистых веществ (до 7 %). После продолжительных лабораторных исследований было найдено решение и подобраны технологические параметры. Разработанная технологическая схема включает в себя: отмывку пыли горячей водой, для чего служит промывная вода после репульсации регенерационного криолита; измельчение в шаровой мельнице совместно с угольной пеной; флотация пульпы в три стадии. В таблице 5 приведены усредненные данные по результатам совместной флотации шлама газоочистки и угольной пены.

Таблица 5

Результаты совместной флотации шлама газоочистки с угольной пеной

Продукт	Содержание, %			
	F	C	Al	Fe ₂ O ₃
исходный	23.16	27.74	16.16	1.88
концентрат	45	0,5	32	3.1
хвосты	6	88	12	2.1

Внедрение данной технологии на участке производства фторсолей позволило:

- снизить расход керосина на 50 %, флотамасла – на 40 %;
- повысить выход фторглиноземного концентрата на 15 %;
- внедрить гибкую технологическую схему, которая позволит перерабатывать комплексное и моносырье с получением качественного вторичного криолита.

Сопоставление химического и гранулометрического состава шлама и пыли с гидросмывов показало качественное сходство материалов, что свидетельствует о возможности вовлечения пыли с гидросмывов в совместную флотацию с угольной пеной с последующим получением фторглиноземосодержащего концентрата. Предварительные результаты проведенных лабораторных и укрупненных лабораторных исследований оказались сопоставимы с результатами, отраженными в таблице 5, чем подтвердили гипотезу о возможной совместной переработке угольной пены, шлама и пыли с гидросмывов.

Литература

1. Куликов Б.П., Истомин С.П. Переработка отходов алюминиевого производства. Красноярск: Классик Центр, 2004. 480 с.
2. Истомин С.П. Состояние и перспективы регенерационной переработки высокодисперсных отходов электролиза в сырьевом технологическом цикле алюминиевого производства // Электроталлургия легких металлов: материалы конф. Иркутск, 2003. С. 51.
3. Ржечицкий Э.П., Козлова Л.С. Подготовка и проведение промышленных испытаний по использованию отходов со шламового поля в цементном производстве: отчет о НИР., Иркутск: ОАО «СибВАМИ», 2006. 33 с.
4. Кондратьев В.В. Исследование и разработка комплексной технологии утилизации твердых фторуглеродсодержащих отходов алюминиевого производства: дис. ... канд. техн. наук. Иркутск, 2007. 164 с.