

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Бажина Владимира Юрьевича, доктора технических наук

на диссертацию Шопперта Андрея Андреевича

«Теоретические основы и технология комплексной переработки бокситов с использованием восстановительного выщелачивания в цикле Байера», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов

Актуальность работы

Повышение эффективности производства глинозема при переработке бокситов за счет модернизации способа Байера при одновременном увеличении комплексности и снижении за счет этого экологической нагрузки на окружающую среду, а также получение дополнительной продукции в виде концентратов для извлечения железа и редкоземельных элементов является важной и актуальной научно-практической проблемой, решение которой позволило бы исключить образование техногенного отхода глиноземных заводов – красного шлама. Диссертационная работа Шопперта А.А. посвящена научному обоснованию новых методов переработки отходов глиноземного производства уже накопленныхшламоотвалов. Актуальность работы также заключается в том, что разработанный метод может быть использован для создания алюминиевых заводов с низким углеродным следом, поскольку появляется возможность исключить операцию спекания, получать железо без применения углеродсодержащих восстановителей.

В работе решены задачи по обоснованию механизма восстановительного выщелачивания в цикле Байера при переработке бокситов различного состава, в том числе с применением нового метода – электрохимического восстановления; по разработке и обоснованию методов, технологической схемы получения активной затравки, применение которой позволит получать высокомолекулярные алюминатные растворы для электрохимического восстановления соединений железа; поиску рациональных параметров процесса обескремнивания низкокачественных бокситов с применением восстановительного выщелачивания; разработке на основе исследований технологической схемы переработки бокситов с получением пригодного для последующего извлечения железа красного шлама. Проведен комплекс работ, включающий лабораторные, укрупненные и промышленные технологические исследования, с применением современных методов обработки результатов и анализа, в том числе мессбауэровской спектроскопии, что позволило дополнить знания о фазовом составе основных сырьевых источников отечественных глиноземных заводов.

Научная новизна

1. Показана возможность низкотемпературной конверсии алюмогематита, алюмогетита и шамозита путем атмосферного выщелачивания раствором с концентрацией более $330 \text{ г/дм}^3 \text{ Na}_2\text{O}$ в присутствии соединений железа (II).

2. С применением модели сжимающегося ядра определены лимитирующие стадии процесса извлечения алюминия из фаз боксита и красного шлама.

3. Доказана возможность полного растворения бемита в процессе атмосферного выщелачивания предварительно обескремненного в присутствии железа (II) боксита Средне-Тиманского месторождения (СТБР).

4. Впервые выявлено, что при восстановительном выщелачивании боксита с использованием электролиза в водных растворах каустической щелочи и обратном растворе процесса Байера в зависимости от условий проведения электролитического восстановления железосодержащих минералов боксита возможно получение как элементного железа, так и магнетита.

5. Доказано, что использование объемного катода (сгущение бокситовой пульпы на поверхности металлической токоподводящей сетке) позволяет повысить выход по току до 80 % и более при восстановлении железосодержащих минералов до магнетита на 40–50 %.

6. Обоснован механизм электролитического восстановления железосодержащих минералов с использованием компактного образца боксита. Выявлено, что процесс восстановления может протекать как твердофазно, так и за счет восстановления находящихся в растворе гидроксокомплексов железа. Взаимодействие гидроксокомплексов железа (II) с гематитом также может приводить к образованию магнетита.

7. Установлено, что использование активной затравки с поверхностью более 30 м²/г позволяет снять диффузионные ограничения и ускорить процесс разложения щелочно-алюминатного раствора в несколько раз, что может быть использовано для получения высокомолекулярного раствора.

Практическая значимость работы

1. Выявлены технологические параметры восстановительного выщелачивания высокожелезистого красного шлама, способствующие полной магнетизации упорных железосодержащих минералов при атмосферном давлении путем добавления железа (II).

2. Показано, что предварительное обескремнивание с одновременной магнетизацией соединений железа, а также электролитическое восстановление при атмосферном давлении позволяют повысить степень извлечения алюминия из бокситов Среднего Тимана до 98 %.

3. На основании полученных экспериментальных данных разработана технологическая схема извлечения алюминия из бокситов с получением пригодного для последующей переработки красного шлама.

5. Разработана технология получения активного байеритсодержащего гидроксида алюминия с удельной площадью поверхности более 30 м²/г. Использование данного гидроксида алюминия в качестве затравки позволяет повысить степень разложения щелочно-алюминатного раствора на 5–10 % по сравнению со стандартной декомпозицией способа Байера путем введения 0,1–1,0 г/дм³ активного байеритсодержащего гидроксида алюминия при одновременном получении крупнодисперсного продукта.

7. Результаты выполненных исследований опробованы в промышленных масштабах на предприятии АО «РУСАЛ Урал».

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа изложена на 284 страницах, состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы из 253 наименований, 3 приложений.

Апробация работы

Материалы диссертации представлены на международных и всероссийских конференциях, а также достаточно полно опубликованы в научных журналах и сборниках. Основные результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 42 работах, включая 24 научные статьи в рецензируемых научных журналах, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, из них 22 статьи опубликованы в журналах, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science (WoS); получено 5 патентов Российской Федерации на изобретения и полезную модель.

В методическом плане исследования построено в соответствии с требованиями, предъявляемыми к научному исследованию: имеется анализ состояния проблемы, описание методологии, подходов и алгоритмов решения поставленных задач, экспериментальные лабораторные исследования и апробация полученных результатов.

Научные положения, выносимые на защиту, и их достоверность подтверждены использованием современного оборудования и методами расчета с представлением графиков, рисунков и таблиц.

По работе имеются вопросы и замечания:

1. В главе 3 необходимо более подробно пояснить механизм и кинетические особенности извлечения Al при магнетизации гематита и гетита во время и после их растворения в щелочном растворе. Какую роль играет каждая фаза, как концентрация и температура влияет на скорость растворения?

2. Из поставленной задачи о возможности глубокого разложения пересыщенного щелочно-алюминатного раствора не понятно, до какого уровня может быть достигнута эффективность восстановительного выщелачивания.

3. На рисунке 5.11 полученные зависимости изменения концентрации Na_2O_k от степени разложения щелочно-алюминатного раствора практически не отличаются друг от друга. Не объяснено, для чего выполнялся этот этап исследования.

4. Почему до конца не объяснена сущность и структура адсорбционного слоя, хотя имеется предположение, что он состоит из полимерных ионов.

5. В главе 5 рассмотрено влияние количества затравки и способа ее подготовки на степень разложения щелочно-алюминатного раствора, гранулометрический состав и морфологию получаемого продукт. Как определялась гранулометрия, и как это может быть связано с морфологией самого продукта?

6. В работе рассмотрены вопросы аналитической оценки извлечения алюминия и кремния при наличии Fe и Na с различным содержанием в твердом осадке при помощи нейронных сетей при создании цифровых двойников. Что выбиралось за основу, и что являлось критерием оптимизации процесса, в том числе и при предварительной обработке?

7. Существуют ли акты по разработке аппаратурно-технологической схемы для применения затравки на заводах АО «РУСАЛ Урал», и в какой степени они реализованы на практике?

Сделанные замечания имеют рекомендательный характер и не влияют на высокую оценку диссертационной работы Шопперта Андрея Андреевича. Обозначенные в работе цели и задачи исследования достигнуты, а положения, выносимые на защиту, экспериментально доказаны.

Диссертационная работа Шопперта А.А. «Теоретические основы и технология комплексной переработки бокситов с использованием восстановительного выщелачивания в цикле Байера», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» в ФГАОУ ВО «Уральский Федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Шопперт Андрей Андреевич – заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Официальный оппонент,
Заведующий кафедрой металлургии
федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Санкт-
Петербургский горный университет
императрицы Екатерины II», доктор
технических наук, профессор

« 28 » ноября 2023

Бажин Владимир Юрьевич



В.Ю. Бажин
Заведующий кафедрой
металлургии
и управления делопроизводства
и контроля документооборота

Е.Р. Яновицкая
28 НОЯ 2023

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», 199106, Санкт-Петербург, 21-линия В.О., дом 2, тел.: +7(812) 328-84-76, e-mail: Bazhin_VYu@pers.spmi.ru