

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Кырчикова Алексея Владимировича

«Исследование твердофазных взаимодействий компонентов боксита со щелочью при получении глинозема по способу низкотемпературного спекания», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 Metallургия черных, цветных и редких металлов

Общая характеристика работы

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». Диссертационная работа состоит из оглавления, введения, 4 глав с выводами по каждой из них, заключения, списка литературы, включающего 80 наименований. Диссертация изложена на 124 страницах машинописного текста, содержит 61 рисунок, 31 таблицу, 1 приложение.

Актуальность темы исследования

Современное состояние алюминиевой промышленности России характеризуется дефицитом (60 %) производимого глинозема и ограниченным запасом высококачественных бокситов – руд для получения Al_2O_3 . В связи с этим возникает необходимость переработки все большего количества низкокачественных бокситов, которые характеризуются относительно высоким содержанием кремнезема ($SiO_2 = 5-8 \%$) и железа ($Fe_2O_3 > 25 \%$). При переработке низкокачественных бокситов образуется повышенное количество получаемых техногенных отходов – красных шламов (КШ), для способа спекания – до 1,5 т КШ на 1 т Al_2O_3 .

Для повышения рентабельности получения глинозема из низкокачественного сырья, необходимо минимизировать затраты уже на этапе переработки боксита на глинозем. Это может быть достигнуто: снижением потребления энергоресурсов, в том числе и топлива; модернизацией/рационализацией технологических переделов производства, уменьшением потерь полезных компонентов (глинозема и щелочи) с красным шламом, комплексным использованием бокситов.

Из вышесказанного следует, что для алюминиевой промышленности, в частности для глиноземного производства, актуальной остается задача разработки альтернативных экономически эффективных способов переработки низкокачественных бокситовых руд, и решение проблемы утилизации красных шламов.

Технология спекания боксита с содой предполагает высокотемпературный обжиг сырья при температуре 1250-1300 °С в трубчатых вращающихся печах. Процесс характеризуется значительным расходом топлива на горение – 6000 кДж на 1 кг спека. Также при разложении соды образуется CO_2 . Далее по технологии получаемый спек выщелачивают водой, в результате чего значительное количество кремния переходит в раствор и требуются последующие операции очистки, т. е. обескремнивание алюминатного раствора в несколько стадий.

Для снижения себестоимости и повышения конкурентоспособности предприятий, производящих глинозем из низкокачественных руд, например Тиманских бокситов, необходимо стремиться к минимизации издержек на этапе переработки боксита на глинозем, в частности, на переделе спекания и выщелачивания бокситового спека. Поставленные задачи в работе решаются реализацией следующих мероприятий: снижением топливных и

энергетических затрат за счет применения на этапе спекания низкотемпературного способа при 300-400 °С; исключением из процесса соды Na_2CO_3 и замены ее на NaOH .

Таким образом, актуальность работы заключается во влечении в переработку низкокачественного сырья, минимизации при этом энергетических затрат на этапе спекания бокситов с соединениями натрия, снижения потерь глинозема и щелочи в условиях выщелачивания спека и комплексном использовании продуктов глиноземного производства.

Научная новизна

1. Определено влияние температуры и продолжительности на показатели низкотемпературного спекания с каустической щелочью индивидуальных компонентов бокситового сырья.

2. Впервые показано влияние температуры спекания на образование при выщелачивании спека маггемита с высокой удельной площадью поверхности и магнитными свойствами.

3. Изучены кинетические закономерности спекания основных компонентов боксита с каустической щелочью, в том числе с использованием уравнения Ерофеева-Колмогорова, которые показали, что данные реакции являются топочимическими, а лимитирующей стадией при температурах ниже 350 °С является диффузия.

4. Экспериментально выявлены условия спекания красного шлама в присутствии извести с каустической щелочью, позволяющие снизить содержание оксида натрия в красном шламе до 0,15 %.

Теоретическая и практическая значимость работы

Определены оптимальные условия процесса, позволяющие максимизировать извлечение глинозема в раствор с получением бесщелочного высокожелезистого красного шлама.

Предложена технология комплексной переработки бокситов с применением низкотемпературного спекания. Технология позволяет перерабатывать глиноземсодержащее сырье при пониженных температурах (200-400 °С) с высокой интенсивностью протекания процесса, что позволяет снизить расход природного топлива и выбросы CO_2 .

Получаемый по предлагаемой технологии красный шлам рассматривается как железосодержащий продукт (> 70 % Fe_2O_3), который может быть использован для получения сорбентов, пигментов и концентрата для извлечения редкоземельных элементов и железа.

Показана принципиальная возможность снижения углеродного следа в технологии спекания боксита с каустической щелочью.

Полученные закономерности могут быть спроецированы на переработку отвальных красных шламов процесса Байер-спекание.

Степень обоснованности и достоверности научных положений в работе обусловлена применением современного научно-исследовательского оборудования с обработкой результатов на соответствующем программном обеспечении фирм изготовителей аналитических приборов. Одновременное применение разных методик определения характеристик продуктов позволяет увеличить достоверность результатов исследований. Выявленные в работе закономерности химических взаимодействий не находят противоречий в рамках современных представлений о законах термодинамики и физической химии.

Предложения по расширенному использованию

Результаты исследований могут быть полезны для специалистов уральских заводов по производству глинозема - Богословский алюминиевый завод и Уральский алюминиевый завод, и для научно-инженерных подразделений компании РУСАЛ.

Научные результаты были использованы при подготовке учебного пособия «Производство глинозема»: учебное пособие / И. В. Логинова, А. В. Кырчиков; [под общ. ред. И. В. Логиновой]; Мин-во науки и высш. образования РФ. — 2-е изд., испр. и доп. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. — 224 с. ISBN 978-5-7996-3125-3. Данное учебное пособие прошло экспертизу по учебной литературе с получением грифа организации: «Рекомендовано методическим советом Уральского федерального университета для студентов вуза, обучающихся по направлению 22.03.02, 22.04.02 – Металлургия».

Научные результаты включены в изучаемый материал при проведении лекционных занятий по дисциплине «Производство глинозема и сопутствующих элементов». Учебное пособие используется студентами при написании курсовых проектов и выпускных квалификационных работ.

Вопросы и замечания по диссертационной работе Кырчикова А.В.:

1. В работе неубедительно обосновывается выбор традиционной щелочной схемы NaOH для вскрытия боксита, что позволяет использовать более дешевое оборудование, но требует дополнительного передела – обескремнивания рабочих растворов. Не рассматривается применение альтернативных кислых схем переработки алюминиевого сырья. В частности, в России широко известны труды проф. Лайнера Ю.А., который занимался новыми способами переработки нефелинов, алунитов, каолиновых глин и минеральной части углей.
2. По многочисленным исследованиям свойств и состава зол уноса различных тепловых электростанций, в том числе Рефтинской ГРЭС, известно, что в составе нет и не может быть глинистых природных минералов, в частности (каолинита). Автор в составе золы указывает наличие этого минерала. На этом полностью построен раздел 2.2.1, стр. 42-49. В работе зола уноса выбирается в качестве источника каолинита $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ для оценки извлечения алюминия из этого минерала при сплавлении золы с каустической щелочью. В результате проведения экспериментов показано, что идет полное вскрытие алюминийсодержащих компонентов золы (рис. 2.8) при температуре 300-350 °С, извлечение алюминия более 95 %. Большая часть алюминия в золе представлена муллитом $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ и можно говорить о полном вскрытии именно муллита, а не каолинита. Известно, что муллит химически более стоек в кислотах и щелочах, чем каолинит. Таким образом, если наблюдается извлечение алюминия из муллита, на примере золы, то с большой долей уверенности можно утверждать и о вскрытии каолинита в боксите как менее химически стойкого минерала.
3. ВАК рекомендует выносить методическую часть работы в отдельную главу, в которой описываются используемые в работе материалы и обосновывается их выбор; перечисляются использованные методики исследований и способы подготовки образцов. В представленной работе методическая часть совмещена с исследовательской, что затрудняет чтение и понимание представленных материалов.

Высказанные в отзыве замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы, которая является законченной научно-квалификационной работой.

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 10 научных работах, из них 5 статей – в изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ и входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus; 1 патент РФ на изобретение.

Соответствие паспорту специальности

Содержание диссертации соответствует п. 9. «Энергосбережение, утилизация отходов металлургического производства, снижение выбросов, в том числе парниковых газов», п. 3. «Твердофазные процессы в металлургических системах» и п. 13. «Тепло- и массоперенос в низко- и высокотемпературных процессах» паспорта специальности 2.6.2 Металлургия чёрных, цветных и редких металлов.

Заключение по диссертации

Диссертация «Исследование твердофазных взаимодействий компонентов боксита со щелочью при получении глинозема по способу низкотемпературного спекания», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 Металлургия чёрных, цветных и редких металлов» отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» ФГАОУ ВО «Уральский Федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Кырчиков Алексей Владимирович – заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 Металлургия чёрных, цветных и редких металлов.

Официальный оппонент,
заведующий Кафедрой химической
технологии керамики и огнеупоров
Департамента строительного
материаловедения ФГАОУ ВО «Уральский
федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина», кандидат
технических наук, доцент

« 21 » ноября 2022 г.

Земляной Кирилл Геннадьевич

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

620062, г. Екатеринбург ул. Мира 28
e-mail: k.g.zemlyanoy@urfu.ru
тел.: +7 (343) 3754432



ПОДПИСЬ
ЗАВЕРЯЮ.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ УрФУ
МОРОЗОВА В.А.