

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Зиновеева Дмитрия Викторовича
«Физико-химические основы процессов переработки красных шламов по схеме твердофазное восстановление – солянокислотное выщелачивание», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 — металлургия черных, цветных и редких металлов

Общая характеристика работы

Диссертационная работа выполнена в лаборатории «Физико-химии и технологии переработки железорудного сырья» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН). Диссертация изложена на 146 страницах машинописного текста, состоит из введения, 6 глав, выводов и списка литературы, содержит 65 рисунков и 22 таблицы. Список литературы включает 143 наименования. Имеются ссылки как на работы отечественных, так и зарубежных ученых.

По структуре и объему работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Диссертация написана ясным языком и стилем, характеризуется внутренним единством, содержит весь необходимый материал для понимания сущности исследования. Полученные результаты отвечают поставленным целям и задачам. В представленном соискателем автореферате достаточно полно раскрыто содержание диссертационной работы, при одновременном сохранении ее структурного построения, опубликованные работы также в достаточной мере отражают ее содержание.

Соответствие паспорту специальности

Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 2.6.2 Металлургия чёрных, цветных и редких металлов, в частности, направлениям исследований по пп. 1. Рудное, нерудное, техногенное и энергетическое сырье, 3. Твердофазные процессы в металлургических системах, 7. Рециклинг материалов, переработка отходов производства и потребления, 9. Энергосбережение, утилизация отходов металлургического производства, снижение выбросов, в том числе парниковых газов, 10. Проектирование предприятий по переработке техногенного сырья, 16. Твердофазные процессы в получении черных, цветных и редких металлов, 17. Пирометаллургические процессы и агрегаты, 19. Гидрометаллургические процессы и агрегаты.

Актуальность темы исследования

Специфика алюминиевой отрасли цветной металлургии состоит в том, что помимо своего основного назначения – получения чистого металла и сплавов, она является потенциальной основой для развития ряда новых перспективных производств, дающих существенный экономический эффект. При переработке бокситов на глинозем по способу Байера образуется красный шлам (КШ) – отход, представляющий собой высокодисперсную труднофильтруемую пульпу, содержащую щелочные гидроалюмосиликаты, оксиды и гидроксиды железа, титана, кальция, кремния, свободную щелочь и ряд других макро- и микрокомпонентов. Масштабы образования отхода практически эквивалентны объему товарной продукции, составляя в среднем 1.1-1.2 т на 1 т глинозема. Так, только глиноземные

заводы Урала производят в год до 2 млн. т КШ, которые практически не утилизируются и сбрасываются в отвалы. Это порождает целый ряд серьезных экологических и технико-экономических проблем, поскольку наряду с загрязнением окружающей среды на себестоимость товарной продукции относятся мероприятия по обращению с отходами и различные бюджетные отчисления. Вместе с тем отходы формируют своего рода техногенные месторождения, содержимое которых можно перерабатывать на стройматериалы, пигменты, коагулянты для очистки сточных вод, извлекать железный концентрат, титан, редкие и редкоземельные металлы, доизвлекать глинозем. Особый интерес представляет получение из КШ солей и соединений Sc, поскольку благодаря относительно высокому содержанию Sc (90-100 г/т), такие техногенные месторождения перспективнее и богаче природных источников. Немаловажно и то, что накопленные запасы и ежегодные поступления отвального КШ позволяют ориентироваться на крупномасштабное вторичное производство, являющееся более рентабельным и экономически привлекательным. Таким образом, актуальность работы обусловлена важностью проблемы комплексного использования бокситового сырья с целью расширения ассортимента выпускаемой продукции при одновременном решении экологических проблем.

Научная новизна.

Основной идеей диссертационной работы Зиновеева Д.В. является научное обоснование реализации двухстадийной технологии комплексной переработки КШ, позволяющей на первом этапе пирометаллургическим способом извлекать из этих отходов концентрат железа с последующим извлечением из обезжелезенного шлама ценных компонентов гидрометаллургическими методами.

В данной работе получены новые закономерности карботермического восстановления красных шламов, в частности установлено, что процесс восстановления железа в ходе твердофазного карботермического восстановления КШ протекает в кинетической области без добавок и смешанной диффузионно-кинетической области в присутствии сульфата натрия.

Впервые определен механизм роста зерен восстановленного железа в ходе карботермического восстановления КШ и влияние на этот процесс сульфата натрия. Установлено, что при восстановлении КШ без добавок энергия активации роста частиц восстановленного железа составляет 143 кДж/моль, а добавки сульфата натрия приводят к снижению энергии активации процесса до 90 кДж/моль и ускоряют агломерацию частиц железа.

Получены новые закономерности процессов протекающих при солянокислотном автоклавном выщелачивании хвостов магнитной сепарации КШ и показано, что изменение концентрации кислоты (10%-20%), соотношения Т:Ж (1:3-1:11) и температуры (50-210°C) позволяет регулировать растворимость титана и циркония, концентрируя их в растворе или твердом остатке. Показано, что часть алюминия не может быть переведена в солянокислый раствор из-за образования в процессе восстановления труднорастворимой магниевой шпинели.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Основным теоретическим содержанием данной работы является определение кинетики и механизма восстановления и роста зерен железа в ходе карботермического твердофазного восстановления КШ в присутствии сульфата натрия; выявление физико-

химических закономерностей процесса автоклавного солянокислотного выщелачивания обезжелезненного КШ; определение оптимальных параметров получения товарных продуктов из продуктов солянокислотного выщелачивания.

Практическая значимость работы заключается в том, что разработана новая принципиальная технологическая схема комплексной переработки красных шламов, включающая низкотемпературную (1150-1300°C) пирометаллургическую стадию прямого восстановления железа с получением железного концентрата магнитной сепарацией и стадию автоклавного солянокислотного выщелачивания хвостов с извлечением в раствор Al и Sc, с дальнейшим получением из полупродуктов выщелачивания черного глинозема, концентратов титана и скандия, а также белой сажи. Реализация предложенной схемы позволит снизить загрязнение окружающей среды за счет исключения складирования опасных отходов производства глинозема и получить ряд востребованных на рынке продуктов. Согласно проведенной автором экономической оценке, выручка от переработки каждых 100 т КШ по разработанной технологии составит 1,3 млн рублей.

Степень обоснованности и достоверности научных положений.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы сомнений не вызывает, так как они базируются на фундаментальных представлениях теории металлургических процессов и не противоречат известным научным фактам и литературным данным. Достоверность экспериментальных данных представляется убедительной, поскольку обусловлена комплексным характером исследований с использованием независимых экспериментальных методов, стандартных методик исследования, современного оборудования и специализированного программного обеспечения, подтверждается сходимостью результатов экспериментов. В целом теоретические и практические результаты диссертации не вызывают возражений, безусловно обладают научной новизной и являются существенными, ранее не известными из литературных источников, научными фактами. Новизна предлагаемых автором технических решений подтверждается полученными патентами.

Подтверждение публикации основных результатов диссертации в научных изданиях

Результаты работы докладывались на российских и международных конференциях, а также опубликованы в научных журналах и сборниках. Материалы диссертации в полной мере отражены в 22 публикациях, в том числе: 10 статей в рецензируемых журналах, входящих в международные базы данных и системы цитирования WoS и/или Scopus, и 10 тезисов докладов. Автором получены 2 патента РФ. Публикации имеют цифровой идентификатор DOI.

Предложения по расширенному использованию.

Материалы диссертации представляют интерес для специалистов отечественной глиноземной промышленности - Богословский алюминиевый завод и Уральский алюминиевый завод, и в целом для научно-инженерных подразделений компании РУСАЛ. Полученные автором результаты также представляют интерес для сотрудников научно-образовательных организаций, таких как НИТУ МИСиС (г. Москва), СПбГГИ(ТУ) (г. Санкт-Петербург), УрФУ им. первого президента России Б.Н. Ельцина, ИМет УрО РАН, ИХТТ УрО РАН (г. Екатеринбург) и др.

Научные результаты могут быть использованы при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Металлургия».

Вопросы и замечания по диссертационной работе Зиновеева Д.В.:

1. В тексте встречаются опечатки, текстуальные и смысловые ошибки. Так, например, в п.2.3 Главы 2 (стр. 53) указана смесь, состоящая из 100% КШ и 18,2%Na₂SO₄.
2. В чем недостаток щелочных методов вскрытия КШ?
3. В модельном составе КШ (стр 59) отсутствуют гидроалюмосиликаты Na, составляющие его существенную часть.
4. В п.3.2. Главы 3 представлена диаграмма состояния КШ – Na₂O. Каким образом данные этой диаграммы обосновывают выводы о выделении отсутствующих в ней железосодержащих фаз?
5. Какое влияние оказывают реакции (13) – (15) (стр 65-66) на процесс восстановления железа?
6. Из вывода 3 Главы 3 следует, что добавка сульфата натрия снижает температуру восстановления железа с 1300 до 1150⁰С, но одновременно ухудшает качество железного концентрата. Оправдан ли такой выигрыш по температуре?
7. Сопоставление графиков зависимости извлечения макро- и микрокомпонентов от температуры (рис. 37-40 в Главе 4) свидетельствует больше о влиянии концентрации HCl, нежели о роли температуры. Также из сопоставления рис. 47 – 48 представляется, что концентрации HCl является более значимым фактором, нежели время выщелачивания и соотношение Т:Ж. Вообще говоря, при проведении таких многофакторных экспериментов для учета влияния различных переменных следовало бы прибегать к методам планирования эксперимента и регрессионному анализу.
8. Предложенная автором принципиальная технологическая схема комплексной переработки КШ (рис 65), к сожалению не сопровождается расчетом материального баланса. Представлены только ориентировочные количества ожидаемых товарных продуктов.
9. Какие твердые и жидкие отходы, в каких количествах образуются в предлагаемой технологической схеме и куда планируется их направлять?
10. В предлагаемой схеме не представлено ТЭО получения черного глинозема из гексагидрата хлорида алюминия. Какова себестоимость такого глинозема, материальные и энергетические затраты на его производство?.
11. Каким образом предполагается доведение черного (91%) концентрата скандия до товарной кондиции?

В целом высказанные в отзыве замечания имеют рабочий и дискуссионный характер и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Заключение о соответствии диссертации требованиям ВАК РФ

С учетом актуальности выбранного направления, практической значимости и новизны технических решений, можно сделать вывод, что диссертационная работа Зиновеева Д.В. является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технологические решения, имеющие существенное значение для металлургии техногенного сырья, - разработана технология комплексной переработки красных шламов,

обеспечивающая снижение загрязнения окружающей среды отходами глиноземного производства и получение ряда востребованных товарных продуктов. Считаю, что работа содержит все необходимые квалификационные признаки, соответствующие п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и ее автор Зиновьев Дмитрий Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 — Metallurgy черных, цветных и редких металлов

Официальный оппонент,
заведующий лабораторией химии
гетерогенных процессов ФГБУН «Институт
химии твердого тела» Уральского отделения
Российской академии наук, доктор
технических наук, главный научный
сотрудник

«15» сентября 2023


Сабирзянов Наиль Аделевич

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт химии твердого тела» Уральского отделения Российской академии наук

620990, г.Екатеринбург, ул. Первомайская, 91;

e-mail: sabirzyanov@ihim.uran.ru

Телефон: тел. 8(343) 374-53-14.

Подпись Сабирзянова Н.А. заверяю.
Уч. секретарь ИХТТ УрО РАН, к.х.н.



Е.А. Богданова

Я, Сабирзянов Наиль Аделевич, согласен на автоматизированную обработку персональных данных, приведённых в этом документе,

