

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации *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

Для переработки высококачественного и низкокачественного бокситового сырья на глиноземных заводах России используется технологическая схема параллельного варианта Байер-спекания. В данной технологии энергоемким является процесс спекания низкокачественного бокситового сырья с содой и известняком, а также повышенный выход красного шлама. Поэтому перспективными с точки зрения комплексности переработки и экологичности процессов представляются гидрометаллургические методы. Значительное число исследований в области снижения количества образующегося красного шлама, проведенных в последние годы и касающихся этой проблемы, свидетельствуют с одной стороны о ее важности, а с другой – о трудностях, возникающих при внедрении новых технологий. Поэтому актуально дальнейшее совершенствование теории и технологий в глиноземном производстве, изыскание новых методов переработки бокситового сырья, оптимизации существующих, повышающих степень извлечения алюминия и приводящих к значительному сокращению количества красного шлама или полному исключению его образования.

Данная диссертационная работа направлена на переработку и сокращение количества отходов глиноземного производства, научное обоснование и разработку технологии повышения степени извлечения алюминия и концентрирования железа в твердом остатке при переработке бокситов в цикле Байера с использованием восстановительного выщелачивания и электролиза в щелочных средах для получения кондиционного красного шлама, пригодного для дальнейшего получения железа и извлечения редкоземельных элементов.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые показана возможность низкотемпературной магнетизации (перевода в магнетит) основных железосодержащих минералов, входящих в состав различных бокситов, доказана возможность полного растворения бемита в процессе атмосферного выщелачивания предварительно обескремненного в присутствии железа (II) боксита Средне Тиманского месторождения (СТБР). Показано, что в результате выщелачивания образуется магнетитовый красный шлам с повышенным содержанием редкоземельных элементов и железа. 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, объяснен механизм данного процесса. Впервые показана возможность повышения степени разложения щелочно-алюминатного раствора на 5 – 10 % по сравнению со стандартной декомпозицией способа Байера, путем введения 0,1–1,0 г/дм<sup>3</sup> активного байеритсодержащего гидроксида алюминия при одновременном получении крупнодисперсного продукта.

На основании проведенных исследований была разработана технология переработки бокситов с использованием электролитического восстановления минералов железа перед автоклавным выщелачиванием, которая позволит повысить степень извлечения глинозема из низкокачественных бокситов до 95–98 %. Разработана аппаратно-технологическая схема применения активной затравки на заводах АО «РУСАЛ Урал», которая делает возможным получение высокомолекулярного ( $\text{ак} > 5$  ед.) оборотного раствора, необходимого для эффективного проведения процесса электролиза. Проведена экономическая оценка разработанной технологии, которая показала существенное снижение (до 7 %) себестоимости производства глинозема по сравнению с базовым вариантом и технологией восстановительного выщелачивания с применением дополнительных реагентов (сульфат железа, порошковое железо).

По теме диссертации опубликовано 42 работы, 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); 5 патентов Российской Федерации на изобретения и полезную модель.

По автореферату имеются следующие вопросы и замечания:

1. Моделирование процесса предварительного обескремнивания боксита щелочными растворами в присутствии сульфата железа было проведено с использованием метода статистической автоматизированной нейронной сети (САНС) и машинного обучения. Чем Вы объясните этот выбор?

2. Какими химическими и физическими свойствами обладают железо и скандий после восстановления в шламе?

3. При кислотном выщелачивании остатка от восстановительной переработки красного шлама Фригии, получено извлечение скандия в раствор 72%. Рассматривалась ли возможность дальнейшего выделения скандия?

4. В шестой главе автореферата предложена принципиальная технология переработки бокситов с использованием восстановительного выщелачивания в цикле Байера, но не обсуждается описание используемого оборудования для технологических операций?

5. По рисунку 4 на стр.14 графическим методом была определена кажущаяся энергия активации при различных степенях извлечения алюминия. Использовали ли Вы известную аналитическую процедуру определения кажущейся энергии активации с помощью многофакторной зависимости извлечения алюминия от продолжительности, температуры раствора и концентрации  $\text{Na}_2\text{O}$ ? В работе для оценки влияния параметров восстановительного выщелачивания на степень извлечения алюминия, проведены эксперименты в соответствии с матрицей планирования Бокса-Бенкена, состоящей из 16 экспериментов для каждого вида шлама с варьированием параметров на трех уровнях. Возможно ли с помощью этой модели определить энергию активации?

Приведенные вопросы не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.



