

## **Раздел 1. ПРОИЗВОДСТВО ГЛИНОЗЕМА**

УДК 669.712

### **Новые направления в производстве глинозема**

И.В.Логинова

УрФУ, г.Екатеринбург

Одной из важнейших проблем, стоящих перед российской алюминиевой промышленностью в обозримой перспективе остается обеспечение алюминиевых заводов России глиноземом. Дефицит глинозема в настоящий момент составляет более 60 % от общей потребности в нем алюминиевой промышленности РУСАЛа, и поэтому увеличение производства глинозема на действующих глиноземных заводах является весьма актуальной задачей.

Щелочные способы производства глинозема получили наибольшее распространение в мировой практике. Среди них различают гидрохимический (способ Байера), термический (способ спекания) и комбинированный (Байер – спекание) последовательный и параллельный вариант. Способ Байера, разработанный более 100 лет тому назад, основан на различной растворимости гидроксидов алюминия (гиббсита, бемита, диаспора) в щелочно-алюминатных растворах в зависимости от температуры и концентрации щелочи в щелочно-алюминатных растворах и дальнейшем выделении из полученного раствора при определенных условиях гидроксида алюминия. За прошедшее время изменения в области производства глинозема были направлены, в основном, на усовершенствование аппаратов, применяемых на том или ином участке глиноземного производства. Так, в частности, была доказана большая эффективность работы одноярусных сгустителей красного шлама по сравнению с существующими пятиярусными сгустителями, увеличение объемов декомпозеров с применением механического перемешивания по сравнению с декомпозерами меньшего

объема и аэролифтным перемешиванием, замена природных флокулянтов на современные синтетические коагулянты и т. д.

Кроме того, не получило своего логического завершения решение одной из важнейших задач глиноземного производства - комплексной переработки алюминий содержащего сырья, включающей в себя извлечение полезных компонентов из техногенных отходов - красных шламов. Разработанные к настоящему времени технологии не вышли за рамки лабораторных и опытно-промышленных испытаний и в результате этого, ежегодно на шламовые поля глиноземных заводов выбрасываются миллионы тонн красных шламов, составляющих экологическую угрозу окружающей среде и прилегающим районам. Доказательством этого стала экологическая катастрофа в Венгрии в 2010 году и в г. Николаеве, Украина, в 2011 году.

Таким образом, весьма актуальным является изучение вопроса комплексной переработки бокситового сырья и разработка новых технологических схем в производстве глинозема.

На наш взгляд, одним из перспективных направлений в решении данного вопроса является усовершенствование параллельного варианта технологической схемы Байер - спекание на основе совместного выщелачивания спеков как двухкомпонентных, так и трехкомпонентных шихт с бокситами ветви гидрохимии. Это позволит снизить потери глинозема и щелочи с отвальным шламом за счет образования новых соединений, а также значительно упростить существующую в настоящий момент на производстве технологическую схему. Выполненный термодинамический анализ протекающих химических реакций показал возможность образования железистых гидрогранатов, найдены условия их получения при совместном выщелачивании бокситов и спеков в процессе автоклавной обработки при  $T=230^{\circ}\text{C}$ . Впервые разработаны математические модели процесса выщелачивания спеков в алюминатных растворах и изучено действие ряда факторов на этот процесс. Проведенные углубленные исследования показали принципиальную возможность упрощения существующей аппаратурно-

технологической схемы на Богословском алюминиевом заводе, путем упразднения передела выщелачивания спека в диффузорных батареях, где до сих пор используется ручной труд. Получение по предлагаемой технологии щелочно-алюминатных растворов с более низким каустическим модулем, позволяет в дальнейшем повысить процент разложения раствора на 3 – 5 %, что приводит к увеличению производительности завода по глинозему. Все исследования проводились на бокситах СУБРа, используемых как в ветви Байера, так и в ветви спекания [1-9]. Приведенные данные показали, что накопления всех форм серы в растворе не наблюдается. На рентгенограммах красных шламов, полученных после совместного выщелачивания бокситов и спеков, появляется межплоскостное отражение, соответствующее гидроалюмосиликату натрия типа канкринита, в кристаллическую решетку которого внедрены сульфат-ионы, что и способствует выводу сульфатов из раствора в красный шлам с данным продуктом. Для шламов, полученных после выщелачивания бокситов в присутствии извести (промышленный вариант), на рентгенограммах характерно наличие межплоскостных отражений, соответствующее гидроалюмосиликату натрия типа содалита с внедрением в его каркас карбонатных ионов. Проведенные исследования показали, что при использовании предлагаемой технологии происходит снижение потерь полезных компонентов с красным шламом, очистка алюминатных растворов от примесей железа, органики и всех форм серы от 10 до 50% за один технологический цикл. Кроме того, происходит существенное сокращение энергоресурсов за счет объединения операции автоклавного выщелачивания бокситов и спеков с одновременным более глубоким обескремниванием щелочно-алюминатных растворов. Работоспособность данной технологии была подтверждена промышленными испытаниями, проведенными на Богословском алюминиевом заводе.

В дальнейшем, в связи с переходом на новый вид сырья - Средне Тиманские бокситы, данная технология была проверена на новом боксите с получением также положительных результатов [18]. Подтверждено снижение

потерь полезных компонентов глинозема и щелочи с красным шламом, очистка растворов от органики и железа. Таким образом, можно рекомендовать данную технологическую схему для внедрения на уральских глиноземных заводах.

В дальнейшем, при изучении вопросов комплексной переработки бокситового сырья, был предложен новый способ переработки, основанный на без автоклавном его вскрытии, путем низкотемпературного спекания со щелочью [10,11,13-15,19,24]. В качестве основного реагента исследовали как чистую каустическую щелочь, так и щелочь, содержащуюся в оборотном растворе. Было установлено, что в интервале температур 300-400°C, после упаривания оборотного раствора до сухих солей, практически полностью проходят все твердофазные реакции с компонентами боксита с образованием хорошо растворимых алюминатов натрия, ферритов натрия и силикатов натрия. Выщелачивание полученного продукта водой при низких температурах позволяет отделить алюмосиликатный раствор от красного шлама с дальнейшей его переработкой. Алюмосиликатный раствор после операции обескремнивания отправляется на операцию декомпозиции по существующей технологической схеме. Обескремнивание данного раствора можно вести с получением алюмосиликата натрия типа цеолита.

Изучение физико-химических свойств полученных красных шламом после выщелачивания спека показало, что существующая форма гидроксида трехвалентного железа перешла в магнитную составляющую. Термограмма высокожелезистого шлама подтверждает наличие в шламе  $\beta$ -FeOOH, которая при сушке пробы уже при 110°C переходит в сверхмагнитную  $\delta$ -FeOOH дельта – FeOOH.

В дальнейшем, при обработке данного шлама бикарбонатными и слабокислыми растворами с целью извлечения из него редкоземельных элементов, магнитные свойства шлама значительно увеличиваются, за счет образования в нем новой железосодержащей фракции в виде  $\gamma$ -гематита – маггемита. Химический состав красного шлама после слабокислотной

обработки следующий, в мас. %: п.п.п. = 2,52;  $\text{SiO}_2$  = 0,99;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  = 9,16;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  = 76,34;  $\text{CaO}$  = 0,17;  $\text{Na}_2\text{O}$  = 0,4;  $\text{P}_2\text{O}_5$  = 0,11.

Магнитных свойств данный шлам не потерял, только резко понизилось содержание в нем п.п.п. Данное явление можно объяснить протеканием еще одной химической реакции перехода гидроксида железа в маггемит при обработке полученного шлама водой:  $2\text{Fe}(\text{OH})_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{G}) + 3\text{H}_2\text{O}$ .

Впервые было показано, что при спекании бокситового сырья со щелочью, происходят изменение структурных форм железосодержащих минералов в полученных шламах после выщелачивания спека водой, по сравнению с существующими заводскими спекательными шламами.

Установлено также, что обработка данного шлама слабокислотными растворами серной кислоты при определенном pH раствора позволяет впервые выделить из него в раствор до 80% скандия, иттрия и лантаноидов. Хуже всех выделялся Се, извлечение, которого составило 35-40%. В дальнейшем из данных растворов легко выделить концентрат редкоземельных элементов или по известным технологиям избирательно выделять каждый редкоземельный элемент из них. Данные шламы имеют повышенное содержание в них титана и, применяя известные методы магнитной сепарации можно отделить титановый концентрат от основной магнитной составляющей шлама.

Впервые была показана принципиальная возможность комплексной переработки бокситового сырья с получением высоко железистого продукта для черной металлургии, концентрата редкоземельных металлов и титанового концентрата. Применение данной технологии в дальнейшем даёт возможность полностью избавиться от хранения красных шламов на шламовых полях, что является решением одной из важнейших экологических проблем глиноземного производства. С момента начала применения способа Байера в промышленных масштабах и по сей день ведется поиск путей усовершенствования одной из самых сложной и продолжительной стадии процесса - декомпозиции и изучение возможности разработки новых способов разложения щелочно-алюминатных растворов, которые позволили бы снизить себестоимость

производства глинозема при одновременном получении глинозема необходимого качества. В связи с этим, одним из актуальных направлений глиноземного производства становится получение высокодисперсных оксидов и гидроксидов алюминия, необходимых для химической, нефтехимической, газоперерабатывающей, строительной и других отраслей промышленности.

Опыт зарубежных глиноземных заводов показывает, что частичная или полная модернизация производства с переходом на выпуск продукции неметаллургического назначения позволяет решить комплекс производственных проблем и значительно повысить экономическую эффективность предприятий. Нами были проведены исследования по использованию в качестве катализаторов различных солей металлов, была сделана попытка объяснения их действия, получены различные продукты: от мелкодисперсных порошков до металлургического глинозема. Показана возможность изменения морфологии кристаллов гиббсита с применением выбранных солей алюминия. Показана принципиальная возможность сокращения процесса декомпозиции до 12 ч, максимум до 24 ч с исключением используемой в настоящий момент затравки из оборота [12,16,17,20-23].

### Литература

1. Логинова И.В., Корюков В.Н., Уфимцев В.М. Перспективы использования отходов глиноземного производства// Комплексное использование минерального сырья, 1985. № 11. С. 74-78.
2. Совместное выщелачивание бокситов и спеков/ Логинова И.В., Корюков В.Н., Салтанов В.В. и др. // Изв.вузов. Цветная металлургия, 1986. № 4. С. 43-48.
3. К вопросу о повышении эффективности выщелачивания спеков/ Логинова И.В., Новожинов В.М., Корюков В.Н. и др. // Изв.вузов. Цветная металлургия, 1986. № 5. С. 39-42.
4. Логинова И.В., Корюков В.Н., Кропотин В.Е. Изучение поведения двухкальциевого силиката при выщелачивании бокситовых спеков и усовершенствование параллельного варианта комбинированной схемы Байер-спекание на основе совместного выщелачивания бокситов и спеков // Тез.докл. Всесоюз.научно-технической конференции. М.: МИСИС, 1986. С.16.
5. Логинова И.В., Корюков В.Н., Кропотин В.Е. О комплексной переработке

- красных шламов глиноземного производства// Тез.докл. 2-й Всесоюз. научно-технической конференции. М.: Ин-т металлургии АН СССР, 1986. С. 62-65.
6. О возможных причинах снижения потерь глинозема и щелочи при выщелачивании бокситов и спеков /Логинова И.В., Корюков В.Н., Кропотин В.Е. и др. / Комплексное использование минерального сырья, 1987. № 9. С. 87-89.
  7. Логинова И.В., Корюков В.Н., Кропотин В.Е. Технологические исследования работы диффузорной батареи //Комплексное использование минерального сырья, 1989. №7. С. 45-49.
  8. Распределение редкоземельных элементов в сырье и продуктах глиноземного производства уральских заводов/Логинова И.В., Корюков В.Н., Лебедев В.А. и др.// Изв.вузов. Цветная металлургия, 1997. №1. С. 19-20.
  9. Переработка железоглиноземистых техногенных отходов предприятий Урала/ Логинова И.В., Лебедев В.А., Лукинских А.В., Корюков В.Н. // Цветные металлы. 2000. №9. С.54-57.
  10. Новые направления в области производства глинозема/ Логинова И.В. // Сборник трудов 1 Международной интерактивной научно-практической конференции «Инновации в материаловедении и металлургии». Екатеринбург: УрФУ, 2011. С.50-53.
  11. Повышение комплексности переработки Средне-Тиманских бокситов / Логинова И.В., Лебедев В.А., Ордон С.Ф., Кырчиков А.В.// Цветные металлы. 2010. №7. С.45-48.
  12. Разложение щелочно-алюминатного раствора с использованием сульфата алюминия в операции декомпозиции. Логинова И.В., Шопперт А.А., Цветные металлы, 2012, № 8. С.46-49
  13. Investigation into the Question of Complex Processing of Bauxites of the Srednetimanskoe Deposit .Loginova I.V. Kyrchikov A.V.Lebedev V.A.Ordon S.F. Russian Journal of Non-Ferrous Metals 2013. Vol.54. №2, pp.143-147.
  14. Изучение вопроса комплексной переработки бокситов Средне-тиманского месторождения. Логинова И.В., Кырчиков А.В. Лебедев В.А.
  15. Ордон С.Ф., «Известия ВУЗ. Цветная металлургия, 2013. № 1.С.27-32
  16. Получение активного гидроксида алюминия и его использование для производства мелкодисперсного глинозема. Логинова И.В., Шопперт А.А., «Известия ВУЗ. Цветная металлургия, 2014. № 2.С.34-38
  17. Preparation Of Active Aluminum Hidroxide and Its Use for Production of Finely Dispersed Alumina.Loginova I.V. Shoppert A.A. Russian Journal of Non-Ferrous Metals 2014. Vol.55. №3, pp.234-237.
  18. Патент РФ № 2360685 от 10 июля 2009 г., Оpubл.10.07.2009 г. Бюл.№ Способ переработки бокситов на глинозем / Логинова И.В., Логинов Ю.Н., Чайкин Л.И., Молочков А.А.
  19. Патент РФ № 2232716 от 05.05.2003 г., Оpubл. 20.07.2004 г. Бюл.№ 3, Способ переработки бокситов на глинозем./ Логинова И.В., Логинов Ю.Н., Ордон С.Ф., Лебедев В.А.

20. Патент РФ № 2447023 от 27.12.2010 г., Оpubл. 10.04.2012 г. Бюл.№ 10, Способ переработки глиноземсодержащего сырья./ Логинова И.В., Логинов Ю.Н., Шопперт А.А.
21. Патент РФ № 2489354 от 01.03.2012 г., Оpubл. 10.08.2013 г. Бюл.№ 22, Способ переработки глиноземсодержащего сырья./ Логинова И.В., Логинов Ю.Н., Шопперт А.А.
22. Патент РФ № 2483025 от 19.12.2011 г., Оpubл. 27.05.2013 г. Бюл.№ 15, Способ переработки глиноземсодержащего сырья./ Логинова И.В., Логинов Ю.Н., Шопперт А.А.
23. Патент РФ № 2490208 от 19.12.2011 г., Оpubл. 20.08.2013 г. Бюл.№ 23, Способ переработки глиноземсодержащего сырья./ Логинова И.В., Логинов Ю.Н., Шопперт А.А.
24. Патент РФ № 2494965 от 01.03.2012 г., Оpubл. 10.10.2013 г. Бюл.№ 28, Способ переработки бокситов на глинозем./ Логинова И.В., Логинов Ю.Н., Кырчиков А.В.

УДК 669.712

### **Оптимизация технологии глиноземного производства на филиале ОАО «СУАЛ» «УАЗ-СУАЛ» при переработке боксита СТБР**

Е.В. Пустынных<sup>1</sup>, А.А. Нифонтов<sup>1</sup>, А.В. Пересторонин<sup>2</sup>, А.В. Панов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Филиал ОАО «СУАЛ» «УАЗ–СУАЛ» Свердловская область,  
г. Каменск-Уральский,

<sup>2</sup>Обособленное подразделение ООО «РУСАЛ ИТЦ», г.Санкт–Петербург

В промышленном масштабе на филиале ОАО «СУАЛ» «УАЗ – СУАЛ» бокситы Средне-Тиманской группы (СТБР) начали перерабатывать с 1998 года при одновременном вводе в производство с бокситом Северо-Уральского бокситового рудника (СУБР). Для определения эффективности и уточнения параметров переработки такого сырья применительно к условиям УАЗа в середине 1995 г. на завод была поставлена опытная партия боксита в количестве 12 тыс.т., на которой проведены промышленные испытания в период 9 - 23 августа 1995 г. [1]. Начиная с 1998г. филиал ОАО «СУАЛ» «УАЗ – СУАЛ» перерабатывает боксит СТБР в промышленном масштабе с