

ют сотни тонн силуминовых шлаков, содержащих до 50–55% основной металлической фазы (силумина) и до 6–7% металлического кремния. В лаборатории ФХМИ разработана технология переработки таких шлаков. Промышленное применение этой технологии на предприятиях "Исеть" и Уралэлектротяжмаш позволяет извлекать из них 90–92% силумина и 100% металлического кремния и получать кондиционные силуминовые отливки.

На машиностроительных предприятиях при механообработке заготовок из алюминиевых сплавов образуется значительное количество отходов в виде стружки, обрезки и т.п. В лаборатории разработаны технологии по утилизации таких отходов. Предложены способы рафинирования отходов алюминиевых сплавов от таких примесей, как магний, литий, кремний и (частично) железо с получением алюминия марок А-5 и А-6. Технологии рафинирования реализованы на промышленных предприятиях Свердловской области.

Это далеко не полный перечень работ по утилизации отходов горнометаллургического комплекса, проводимых сотрудниками лаборатории. В последние годы активно ведется поиск решений по созданию комплексных схем утилизации ванадиевых шлаков НТМК, отходов абразивного производства Юргинского и Челябинского электродного заводов, шлаков Алапаевского металлургического завода, отходов Долматовского месторождения и др. Наличие хорошей аппаратурно-технологической базы и высококвалифицированного штата сотрудников дает основание надеяться на успешное решение этих проблем.

В. В. Салтанов,  
В. С. Шемякин

#### ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО ГЛИНОЗЕМА И КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

Гидрометаллургическая переработка алюминийсодержащего сырья с высоким содержанием вредных примесей, таких как сульфиды, карбонаты, силикаты и органические вещества, приводит к значительным потерям глинозема и щелочи. За годы существования лаборатории ФХМИ был выполнен значительный цикл научно-исследовательских работ и испыта-

ний различного уровня по разработке данной проблемы.

Предложен ряд научно-технических решений по переработке бокситов на уральских алюминиевых заводах. В частности, в ходе изучения поведения вредных примесей в алюминатных растворах глиноземного производства было выявлено взаимное влияние таких примесей, как  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$  и  $S_{\text{осщ}}$ . На этой основе были разработаны рекомендации по выбору оптимальных параметров автоклавного выщелачивания бокситов: концентрации каустической щелочи в оборотном алюминатном растворе, каустического модуля раствора, температуры процесса, дозировки извести. Оптимизация параметров проводилась по данным многофакторного эксперимента, в основу которого была положена математическая модель автоклавного процесса, учитывающая взаимное влияние перечисленных параметров, а также воздействие на показатели процесса (химический выход глинозема в раствор и потери щелочи с красным шламом) минералов-примесей боксита: шамотита, кальцита и пирита.

Основной ценностью разработанной математической модели является возможность прогнозирования показателей выщелачивания, исходя из содержания в бокситовой шихте  $\text{CaO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $S_{\text{осщ}}$  и  $\text{SiO}_2$ , а также режимных параметров процесса: содержания  $\text{Na}_2\text{O}_k$ , температуры выщелачивания и каустического модуля жидкой фазы. Комбинируя составы и параметры, можно вести оптимизацию по любому выбранному критерию. Результаты работы послужили основой для введения управления качеством сырья, поступающего на глиноземные заводы, на базе экспресс-анализаторов и рентгенорадиометрических сепараторов и создали условия для дальнейшей автоматизации процесса выщелачивания.

Специфика гидрощелочной обработки бокситового сырья состоит в том, что наряду с основными компонентами в растворы глиноземного производства переходят органические примеси, входящие в состав сырья. Извлечение органических веществ в алюминатные растворы зависит от особенностей химического и минералогического состава бокситов, а также параметров процесса выщелачивания. В результате гидролитической и окислительной деструкции гуминов они частично переходят в раствор, и устанавливается некоторая равновесная концентрация органических веществ разной степени окисления. Уровень этой концентрации оказывает существенное влияние на показатели многих операций глиноземного производства. Установлено, что повышение

концентрации органических компонентов приводит к снижению степени разложения алюминатных растворов, образованию мелкого, трудно фильтруемого гидроксида алюминия, вызывает обильное пенообразование при выщелачивании и декомпозиции, снижает производительность выпарных батарей. На различных стадиях технологической схемы производства глинозема по способу Байера происходит химическая трансформация органических соединений, изменяется их качественный и количественный состав. В связи с этим возникает необходимость прогноза накопления отдельных фракций органических веществ в жидких фазах и оценки влияния их накопления на показатели выщелачивания, сгущения, декомпозиции.

Изучение поведения органических веществ при переработке импортных (австралийских) бокситов на Уральском алюминиевом заводе в смеси с местными (североуральскими) бокситами показало, что при выщелачивании органические вещества на 39,1% переходят в алюминатный раствор. Накопление их оказывает существенное отрицательное влияние на показатели сгущения красного шлама: скорость осаждения снижается, а в осветленной зоне повышается содержание твердых частиц.

Исследования показали, что при переработке бокситов с высоким содержанием органических веществ в замкнутом цикле глиноземного производства в оборотных растворах происходит накопление следующих групп органических соединений: гуминовых и карбоновых кислот, фульвокислот, фенолов, нейтральных и высокомолекулярных веществ. Вспенивание алюминатных растворов происходит в основном в результате повышения концентрации фульвокислот, карбоновых и гуминовых кислот. К повышенному вспениванию приводит турбулентный режим перемешивания, а также использование сжатого воздуха для транспортировки пульпы. Вызываемые вспениванием технологические и транспортные осложнения приводят к снижению производительности по выпуску продукции. Для устранения этих недостатков на предприятиях используют различные пеногасители. На основании проведенных лабораторных исследований применительно к условиям работы Запорожского алюминиевого завода установлено, что при переработке богатого органическими веществами гвинейского боксита наиболее эффективными пеногасителями могут служить некоторые поверхностно-активные вещества из ряда высокомолекулярных спиртов.

Промышленные испытания пеногасителей показали, что их применение обеспечивает высокий эффект пеногашения как в слабых оборотных растворах, так и в сырых пульпах. Кроме того, было выявлено положительное влияние пеногасителя на извлечение в раствор  $Al_2O_3$  из боксита и обескремнивание раствора (кремневый модуль алюминатного раствора повышался с 217 до 286 ед.). Общее содержание в растворе органических веществ при этом снижалось с 6,43 до 5,86 %.

Следует отметить, что в бокситах и оборотных растворах глиноземного производства наряду с вредными примесями содержатся ценные компоненты, извлечение которых позволит повысить комплексность использования сырья. Так, значительная часть содержащегося в бокситах галлия при выщелачивании переходит в алюминатный раствор. С целью извлечения галлия из этих растворов была определена эффективность его прямого концентрирования в процессе взаимной полимеризации водорастворимых органических соединений из ряда фенолов, алкиламидаминов, оксихинолина, поличетвертичных аммониевых оснований, фенолформальдегидных смол и поликомплексонов аминокислотного типа. Установлено, что наибольшая степень концентрирования и извлечения галлия достигается при использовании поликомплексонов и четвертичных аммониевых оснований. На основе установленных эффектов может быть разработана универсальная технология получения галлия из алюминатных растворов.

Комплексность использования сырья и наиболее полное извлечение ценных компонентов из промышленных отходов является крупной самостоятельной проблемой, в решении которой принимает активное участие коллектив лаборатории ФХМИ. В настоящее время на предприятиях горно-металлургической и химической отраслей промышленности скопилось громадное количество отходов, представляющих интерес с точки зрения возможности извлечения из них полезных компонентов, и в частности редкоземельных элементов. Проведенные исследования позволили выявить ряд полупродуктов и отходов, характеризующихся повышенным содержанием этих элементов. Выполнен цикл исследований, направленных на селективное извлечение скандия из техногенного сырья и слитых растворов при помощи различных сочетаний органических комплексообразователей. Разработаны энергосберегающие варианты технологических режимов и схем извлечения скандия и редкоземельных элементов из

красных шламов глиноземного производства и продуктов пирометаллургической переработки.

В последние годы в России производство редких элементов, и в частности оксида скандия, резко сократилось. Причиной этого являются как общее ухудшение экономической обстановки в стране, свертывание государственных военно-промышленных программ, так и ряд других объективных и субъективных факторов. Многие предприятия редкометалльной промышленности России в результате разрыва экономических связей с бывшими союзными республиками лишились источников сырья. В таких условиях весьма актуальным становится поиск альтернативных источников доступного и сравнительно недорогого сырья. К числу таких источников могут быть отнесены шламы абразивных заводов, ванадиевые шлаки и вторичные сплавы на основе алюминия, магния и лития.

В лаборатории ФХМИ выполнены исследования, на основании которых разработана технология переработки абразивных шламов с извлечением скандия и глинозема. Установлено, что для концентрирования скандия необходимо проводить спекание шлама с содой при температуре 1250-1300°C в течение 1 часа. Содержание Sc в остатке выщелачивания спека достигает 0,42 %.

Исследования по интенсификации извлечения скандия из конвертерных шлаков Нижнетагильского металлургического комбината позволили установить, что добавки в шихту спекания хлоридов натрия и калия позволяют интенсифицировать извлечение скандия в раствор как на стадии водного, так и кислотного выщелачивания.

В промышленном масштабе реализована технология получения оксида скандия из шлаков, полученных при рафинировании вторичных алюминий-во-магниевых сплавов типа 1421 и 1570. Из шлаков рафинирования, содержащих 0,2-0,35 % Sc, получен концентрат с содержанием Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub> до 17%. Извлечение скандия в шлак составляет 30%, а из шлака в концентрат - 64%.

В настоящее время в лаборатории интенсивно проводятся исследования вторичных сплавов различных лигатур с целью извлечения из них ценных компонентов, таких как иттрий, ванадий, молибден и др., по переработке отходов алюминотермического производства и высокотитанистых шлаков НТМК.