

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2613983

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ГЛИНОЗЕМА ИЗ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ БОКСИТОВ

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Дубовиков Олег Александрович (RU), Логинов Денис Александрович (RU), Шайдулина Алина Азатовна (RU), Тихонова Александра Дмитриевна (RU)*

Заявка № 2016106900

Приоритет изобретения 25 февраля 2016 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 22 марта 2017 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 25 февраля 2036 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев





(51) МПК
C01F 7/08 (2006.01)
C01G 37/04 (2006.01)
C22B 3/04 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2016106900, 25.02.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 25.02.2016

Дата регистрации:
 22.03.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 25.02.2016

(45) Опубликовано: 22.03.2017 Бюл. № 9

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
 ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный
 университет", отдел интеллектуальной
 собственности и трансфера технологий (отдел
 ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Дубовиков Олег Александрович (RU),
 Логинов Денис Александрович (RU),
 Шайдулина Алина Азатовна (RU),
 Тихонова Александра Дмитриевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
 образовательное учреждение высшего
 образования "Санкт-Петербургский горный
 университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: ЛАЙНЕР А.И. и др.,
 Производство глинозема, Москва,
 Металлургия, 1978, сс. 184-263. RU 2152904
 С2, 20.07.2000. SU 931716 А1, 30.05.1982. ЕА
 21253 В1, 29.05.2015. US 20110158868 А1,
 30.06.2011. CN 104163445 А, 26.11.2014.

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ГЛИНОЗЕМА ИЗ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ БОКСИТОВ

(57) Реферат:

Изобретение может быть использовано в химической промышленности. Способ получения глинозема из хромсодержащих бокситов включает мокрое спекание шихты, выщелачивание спека промывной водой с получением алюминатных растворов, из которых извлекают гидроксид алюминия. Боксит отдельно от известняка подвергают мокрому измельчению на упаренном оборотном содовом растворе при объемном отношении Ж:Т=3:1. Получают пульпу с частицами крупностью менее 0,05 мм. Пульпу подвергают магнитной сепарации с получением магнитного и немагнитного продуктов. Магнитный продукт с содержанием оксида хрома (III) от 25 до 30% отправляют на переработку на

хромат натрия. Немагнитный продукт вместе с измельченным известняком и свежей содой направляют на корректировку шихты. После этого шихту спекают. Полученный спек выщелачивают промывной водой с получением алюминатных растворов, из которых извлекают гидроксид алюминия. Гидроксид алюминия фильтруют, промывают и направляют на кальцинацию. Изобретение позволяет повысить комплексность переработки низкокачественных бокситов с получением глинозема и хромата натрия, снизить экологическую нагрузку на окружающую среду за счет извлечения части соединений хрома. 6 ил., 3 пр.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C01F 7/08 (2006.01)
C01G 37/04 (2006.01)
C22B 3/04 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2016106900, 25.02.2016**

(24) Effective date for property rights:
25.02.2016

Registration date:
22.03.2017

Priority:

(22) Date of filing: **25.02.2016**

(45) Date of publication: **22.03.2017** Bull. № 9

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2, FGBOU
VO "Sankt-Peterburgskij gornyj universitet", otdel
intelektualnoj sobstvennosti i transfera tekhnologij
(otdel IS i TT)**

(72) Inventor(s):

**Dubovikov Oleg Aleksandrovich (RU),
Loginov Denis Aleksandrovich (RU),
Shajdulina Alina Azatovna (RU),
Tikhonova Aleksandra Dmitrievna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj
universitet" (RU)**

(54) METHOD OF PRODUCING ALUMINA FROM CHROMIFEROUS BAUXITES

(57) Abstract:

FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: method of producing alumina from chromiferous bauxites comprises wet batch sintering, leaching of sintered material with flush water to produce aluminate solutions, whereof aluminum hydroxide is extracted. Bauxite is subjected to wet grinding on the concentrated reusable soda solution at a volume ratio of W:T=3:1 separate from the limestone. A pulp with a particle size of less than 0.05 mm is obtained. The pulp is subjected to magnetic separation to obtain magnetic and non-magnetic products. The magnetic product with chromium oxide (III) content from 25 to 30% is taken for processing to sodium chromate. The

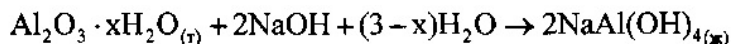
non-magnetic product with limestone fines and fresh soda is taken for the batch adjustment. Thereafter, the batch is sintered. The resulting sintered material is leached with flush water to produce aluminate solutions, whereof aluminium hydroxide is extracted. Aluminium hydroxide is filtered, washed and taken for calcination.

EFFECT: invention allows to increase the complexity of processing low-quality bauxite to produce alumina and sodium chromate, reduce the environmental pressure due to the extraction of the chromium compounds.

6 dwg, 3 ex

Изобретение относится к производству глинозема из бокситов.

Известен способ получения глинозема по способу Байера (Лайнер А.И. Производство глинозема / А.И.Лайнер, Еремин Н.И., Лайнер Ю.А., Певзнер И.З. - М.: "Металлургия". - 1978. - С. 61-183), основанный на взаимодействии бокситовых руд со щелочными растворами и последующим разложением алюминатных растворов с выделением из них гидроксида алюминия согласно реакциям:



Маточный раствор от разложения алюминатных растворов при упаривании его до 40-44° Вё (уд. Вес 1,20-1,22), подобно растворам едкого натра, растворяет глинозем из боксита за 1,5 часа при перемешивании и под давлением в 3-4 ат. При этом хромсодержащие минералы, представленные трехвалентным хромом, переходят в красный шлам и, являясь водонерастворимыми формами, не оказывают вредного влияния на окружающую среду.

Недостатком этого способа является пригодность его только для переработки высококачественных бокситов с высоким кремниевым модулем (весовое отношение Al_2O_3 к SiO_2) более 7÷8.

Известен способ получения глинозема по последовательному варианту комбинированного способа Байер-спекание (Лайнер А.И. Производство глинозема / А.И. Лайнер, Еремин Н.И., Лайнер Ю.А., Певзнер И.З. - М.: "Металлургия". - 1978. - С. 268-271), основанный на том, что шлам от автоклавной варки, богатый по содержанию Al_2O_3 и Na_2O , спекают в смеси с известняком и содой. Обескремненный алюминатный раствор от выщелачивания спека смешивают с разбавленным раствором от автоклавной варки для совместного выкручивания, рыжую соду от упарки маточного раствора смешивают со шламом перед спеканием.

Недостатками данного способа являются большие капитальные затраты на 1 т глинозема, состав красного шлама иногда затрудняет спекание приготовленной из него шихты, при переработке бокситов с большим содержанием хрома спеканием происходит окисление хрома в процессе спекания и загрязнение его водорастворимыми соединениями технологических растворов, воздуха и красного шлама.

Известен способ переработки высококремнистых бокситов (Изучение вещественного состава и обогатимости бокситов Северо-Онежского и Средне-Тиманского месторождений. / Алгебраистова Н.К., Филенкова Н.В., Маркова С.А., Гроо Е.А., Кондратьева А.А., Свиридов Л.И., Шепелев И.И. // Сборник докладов II Международного Конгресса «Цветные металлы - 2010». - г. Красноярск. - 2-4 сентября, 2010. - с. 43-45), основанный на извлечении из них диоксида кремния и алюминия с использованием микробиологического выщелачивания и последующим селективным выделением глинозема из жидкой фазы.

Недостатки данного способа заключаются в длительности процесса и необходимости использования крупногабаритного оборудования.

Известен способ получения глинозема путем совместной переработки бокситов с нефелиновым сырьем методом спекания (Виноградов С.А. Технология совместной переработки нефелинов и бокситов // Записки Горного института. - СПб.: СПГИ, 2007, Т. 170, с. 153-155), основанный на том, что добавка к нефелиновому сырью 14% боксита позволяет повысить содержание оксида алюминия в спеке до существующего в настоящее время уровня (~15%), тем самым позволяя достичь извлечения оксида

алюминия и щелочей около 90%.

Недостатком данного способа является то, что наличие стадии спекания двухкомпонентной шихты неизбежно приведет к образованию водорастворимых хроматов натрия. Кроме того, доля вовлекаемых в переработку бокситов по данному способу невелика.

Известен способ получения глинозема по способу спекания, (Лайнер А.И. Производство глинозема / А.И. Лайнер., Еремин Н.И., Лайнер Ю.А., Певзнер И.З. – М.: "Металлургия". - 1978. - С. 184-263), принятый за прототип, согласно которому бокситы подвергают дроблению и последующему мокрому измельчению совместно с известняком на упаренном оборотном содовом растворе. В пульпу дополнительно дозируется сода и после корректировки готовая пульпа подвергается спеканию. Спек выщелачивается водой с получением алюминатных растворов, из которых извлекают гидроксид алюминия.

Недостатком этого способа является то, что при переработке хромсодержащих бокситов спеканием происходит окисление хрома в процессе спекания и загрязнение его водорастворимыми соединениями технологических растворов, воздуха и красного шлама. Это вполне закономерно, так как и при переработке хромита реализуется окислительный обжиг при 1100-1200°С с содой и доломитом. Соединения Cr(VI) обладают местным и общетоксичным действием, вызывая поражения органов дыхания, кожного покрова, слизистых оболочек, желудочно-кишечного тракта.

Техническим результатом изобретения является частичное удаление хромсодержащих минералов из боксита с последующей возможной их переработкой на хромат натрия.

Технический результат достигается тем, что боксит отдельно от известняка подвергают мокрому измельчению на упаренном оборотном содовом растворе при объемном отношении Ж:Т=3:1 с получением пульпы с частицами крупностью менее 0,05 мм, затем пульпу подвергают магнитной сепарации с получением магнитного и немагнитного продуктов, далее магнитный продукт с содержанием в нем оксида хрома (III) от 25 до 30% отправляют на переработку на хромат натрия, а немагнитный продукт вместе с измельченным известняком и свежей содой направляют на корректировку шихты, после чего шихту спекают, полученный спек выщелачивают промывной водой с получением алюминатных растворов, из которых извлекают гидроксид алюминия, гидроксид алюминия фильтруют, промывают и направляют на кальцинацию.

Способ поясняется следующими фигурами:

фиг. 1 - схема получения глинозема из хромсодержащих бокситов;

фиг. 2 - вещественный состав хромсодержащих бокситов Иксинского месторождения;

фиг. 3 - распределение оксида хрома(III) по минералам бокситов;

фиг. 4 - результаты магнитной сепарации хромсодержащих бокситов,

фиг. 5 - зависимость извлечения оксида хрома(III) в магнитный продукт от его выхода и крупности фракции;

фиг. 6 - показатели критерия эффективности магнитной сепарации в зависимости от крупности фракции;

Способ осуществляется следующим образом.

Исходный хромсодержащий боксит подвергают дроблению в щековой дробилке. Далее дробленый боксит подают совместно с оборотным содовым раствором от карбонизации в шаровую мельницу мокрого помола при объемном отношении жидкого вещества к твердому (Ж:Т), равному 3:1, с целью получения фракции -0,05 мм. Далее пульпу подвергают магнитной сепарации в полиградиентном магнитном сепараторе при силе тока в катушке магнитного сепаратора от 6 до 12 А. Магнитный продукт,

содержащий оксиды хрома(III) и железа(III), перерабатывается на хромат натрия по известной технологии. При выходе магнитного продукта 6,1-6,2% извлечение оксида хрома(III) в него составляет 25÷32,0%, а снижение содержания оксида хрома(III) в немагнитном продукте составило 23÷28%. Немагнитный продукт совместно с

5 измельченным известняком, свежей содой, белым шламом от обескремнивания алюминатных растворов и карбонатным шламом, полученным при каустификации содовых растворов, подается в большие емкости с воздушным перемешиванием, в которых осуществляется корректировка шихты. В шихте должны быть выдержаны следующие молекулярные соотношения:

10 $\text{Na}_2\text{O}:(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3)=1,00\pm 0,05$ и $\text{CaO}:\text{SiO}_2=2,00\pm 0,05$.

После корректировки пульпа через питающие бассейны откачивается на вращающиеся барабанные печи спекания диаметром от 3 до 5 м и длиной от 50 до 100 м. Так как в бокситовой шихте содержится много свободной соды, приводящей к окомкованию шихты при ее сушке, поэтому бокситосодоизвестняковая пульпа подается

15 в трубчатую вращающуюся печь распылом через форсунки. При мокром спекании распыленные капельки суспензии подсушиваются в газовом потоке, образующиеся сухие гранулы падают на слой сухого материала и далее перемещаются при вращении печи в зону более высоких температур. Температура образования спека 1150-1250°C. Спек охлаждается во вращающихся барабанных холодильниках от 1000-1100°C до

20 ~100°C. После охлаждения спек подают на выщелачивание, а отходящие газы из печей спекания очищают от пыли в системе последовательно расположенных пылевых камер, циклонов и электрофильтров. Шлам после выщелачивания бокситовых спеков отмывают горячей водой, которую затем используют для выщелачивания спеков, после чего шлам направляют в отвал. Для обеспечения стойкости растворов в процесс вводят едкую

25 щелочь в составе оборотного содово-щелочного раствора. Алюминатный раствор направляют на обескремнивание. Обескремнивание проводят в две стадии. На первой стадии раствор выдерживают в автоклавах при 150-170°C в течение 1,5-2 ч, в результате чего кремнезем выпадает в осадок в виде гидроалюмосиликата натрия состава

30 $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 1,7\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, в растворе остается 0,4-0,5 г/л SiO_2 . Сгущенный и отфильтрованный шлам от первой стадии обескремнивания отправляют в голову процесса для приготовления шихты. Вторую стадию обескремнивания проводят в мешалках с добавкой известкового молока при температуре 90-95°C в течение 1,5-2 ч. Известковое молоко дозируют в количестве 3-5 г/л $\text{CaO}_{\text{акт}}$, что соответствует

35 отношению по массе $\text{CaO}:\text{SiO}_2=20\div 40$. В результате происходящих взаимодействий образуется малорастворимый гидроалюмосиликат кальция (гидрогранат) состава $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot m\text{SiO}_2\cdot (6-2m)\text{H}_2\text{O}$, где $m=0,1\div 0,4$. После второй стадии обескремнивания раствор отделяют от шлама, фильтруют и направляют на разложение. Сгущенный и отфильтрованный шлам от второй стадии обескремнивания подвергают содовой

40 обработке для регенерации глинозема и получения щелочного раствора, используемого для выщелачивания спека. Содовую обработку шлама проводят в две стадии. Около 50% карбонатного шлама после первой обработки используют вместо извести на второй стадии обескремнивания, остальной шлам после второй содовой обработки направляют на шихтовку и спекание. Содово-щелочной раствор с каустическим модулем 2,5-3,0, полученный при содовой обработке, используют при выщелачивании спеков как источник едкой щелочи. Шлам после второй стадии обескремнивания может быть использован как затравка на первой и второй стадиях обескремнивания, после чего возвращен на приготовление шихты. После глубокого обескремнивания алюминатный

раствор подвергается карбонизации до остаточного содержания в нем ~5 г/л Al_2O_3 .

Карбонизацию проводят в присутствии затравочного гидроксида алюминия, количество которого примерно равно содержанию гидроксида алюминия в алюминатном растворе.

Пульпу после карбонизации разделяют на гидроциклонах. Нижний продукт

5 гидроциклонов, содержащий, в основном, крупную фракцию гидроксида алюминия, фильтруют и промывают. Промытый и отфильтрованный гидроксид алюминия направляют па прокалку (кальцинацию) для получения продукционного глинозема.

Верхний слив сгущают, сгущенную пульпу, содержащую мелкую фракцию гидроксида алюминия, используют в качестве затравки при карбонизации. Маточные растворы

10 после карбонизации являются оборотными. Их подвергают контрольной фильтрации и выпариванию, после чего используют для магнитной сепарации исходного боксита.

Часть маточного раствора используется для содовой обработки шламов после второй стадии обескремнивания. Схема получения глинозема из хромсодержащих бокситов приведена на фиг. 1.

15 Способ поясняется следующими примерами.

Пример 1.

Переработке подвергались высококремнистые хромсодержащие бемит-каолиновые бокситы Иксинского месторождения (фиг. 2). Кристаллооптический анализ бокситов дал следующий минералогический состав в порядке убывания: бемит, каолинит, гиббсит,

20 цеолит, кварц, слюда, кальцит, полевопшпат, турмалин, органические остатки. Из рудных непрозрачных минералов имеются минералы группы хромшпинелидов и железосодержащие минералы.

Рентгенофазовый анализ установил следующий минералогический состав: бемит, гиббсит, каолинит, гидрослюда, хлорит или монтмориллонит, анатаз, сильно дисперсный хромит. Минералы перечислены в порядке уменьшения их содержания. Распределение

25 оксида хрома(III) по минералам было установлено при помощи микрозондового анализа (фиг. 3). 48% Cr_2O_3 приходится на долю алюмохромита. В состав каолинита изоморфно входит около 10% Cr_2O_3 , с бемитом и гиббситом связано до 25%, в минералах железа сконцентрировано порядка 15÷17%. Помимо алюмохромита в исходном боксите были

30 найдены хромпикотит, а также хромсодержащие алюмогетит и магнетит.

Хромшпинелиды в основной массе немагнитны или иногда слабомагнитны. Значительная степень магнитности наблюдается у разновидностей, обогащенных в значительной мере Fe_2O_3 . Магнетит, который в нашем случае содержит Cr_2O_3 , в свою

35 очередь, сильномагнитен.

Исходный хромсодержащий боксит подвергали дроблению в щековой дробилке.

Гранулометрический состав дробленого материала:

Фракция	+10	-10+6	-6+3	-3+1	-1+0,5	-0,5
40 %	17,2	17,8	12,8	29,1	14,6	8,5

Далее дробленый боксит вместе с оборотным содовым раствором измельчили в шаровой мельнице до крупности -0,05 мм при объемном отношении Ж:Т=3:1, пульпу пропустили через рабочую ячейку полиградиентного магнитного сепаратора (сила тока в катушках магнитного сепаратора 6 А). Магнитный продукт промывали водой

45 и после размагничивания смывали. Пульпу полученных продуктов фильтровали, сушили, определяли ее выход и далее подвергали химическому анализу.

Способ позволил при выходе магнитного продукта в количестве 6,1% извлечь в него 25,41% оксида хрома(III) и, соответственно, снизить его содержание в немагнитном

продукте на 23,33% (фиг. 4). В немагнитный продукт добавляется известняк и свежая сода, и шихта перерабатывается на глинозем спеканием. Магнитный продукт может быть переработан на целевой хромсодержащий продукт Na_2CrO_4 .

5 Экспериментально установлено, что эффективность магнитной сепарации снижается при крупности частиц пульпы более 0,05 мм (фиг. 5). Магнитная сепарация фракции с частицами крупностью -2 мм не позволяет достичь удовлетворительного извлечения Cr_2O_3 и Fe_2O_3 в магнитный продукт даже при повышении тока сепаратора, что указывает на недостаточное раскрытие минералов при данной крупности. Повышению эффективности магнитной сепарации способствует более тонкое измельчение.

10 Критерием эффективности магнитной сепарации служит отношение извлечения оксида хрома(III) в магнитный продукт (ϵ) к выходу магнитного продукта (γ), численно равное тангенсу угла наклона аппроксимирующей зависимости к линии оси абсцисс или сам угол (фиг. 6).

15 Пример 2.

Хромсодержащие бокситы, химико-минералогический состав которых представлен на фиг. 2 и 3, предварительно измельчили до крупности менее 0,05 мм вместе с упаренным оборотным содовым раствором при объемном отношении Ж:Т=3:1, пульпу подвергали магнитной сепарации при силе тока в катушках магнитного сепаратора 9 А. В немагнитный продукт добавляется известняк и свежая сода, и шихта 20 перерабатывается на глинозем спеканием. Магнитный продукт может быть переработан по известной технологии на целевой хромсодержащий продукт Na_2CrO_4 .

При данной силе тока способ позволяет извлечь в магнитный продукт 25,25% оксида хрома(III) и, соответственно, снизить его содержание в немагнитном продукте на 23,33%, 25 выход магнитного продукта составляет 6,16% (фиг. 4).

Пример 3.

Хромсодержащие бокситы (фиг. 2 и 3), измельченные на упаренном оборотном содовом растворе (объемное отношение Ж:Т=3:1) до крупности менее 0,05 мм, 30 подвергаются магнитной сепарации (сила тока в катушках магнитного сепаратора 12 А). В немагнитный продукт добавляется известняк и свежая сода, и шихта перерабатывается на глинозем способом спекания. Магнитный продукт может быть переработан по известной технологии на целевой хромсодержащий продукт Na_2CrO_4 .

При силе тока в катушках магнитного сепаратора 12 А способ позволяет при выходе магнитного продукта в количестве 6,2% извлечь в него 32,03% оксида хрома(III) и, 35 соответственно, снизить его содержание в немагнитном продукте на 28,33% (фиг. 4).

Преимущество данного способа по сравнению со способом, принятым за прототип, состоит в том, что предварительная магнитная сепарация измельченного на упаренном оборотном содовом растворе хромсодержащего боксита позволяет снизить 40 экологическую нагрузку на окружающую среду за счет извлечения части соединений хрома, а также повысить комплексность процесса переработки низкокачественных бокситов за счет переработки соединений хрома на целевой продукт - хромат натрия.

(57) Формула изобретения

45 Способ получения глинозема из хромсодержащих бокситов, включающий мокрое спекание шихты, выщелачивание спека промывной водой с получением алюминатных растворов, из которых извлекают гидроксид алюминия, отличающийся тем, что боксит отдельно от известняка подвергают мокрому измельчению на упаренном оборотном содовом растворе при объемном отношении Ж:Т=3:1 с получением пульпы с частицами крупностью менее 0,05 мм, затем пульпу подвергают магнитной сепарации с получением

магнитного и немагнитного продуктов, далее магнитный продукт с содержанием в нем оксида хрома(III) от 25 до 30% отправляют на переработку на хромат натрия, а немагнитный продукт вместе с измельченным известняком и свежей содой направляют на корректировку шихты, после чего шихту спекают, полученный спек выщелачивают промывной водой с получением алюминатных растворов, из которых извлекают гидроксид алюминия, гидроксид алюминия фильтруют, промывают и направляют на кальцинацию.

10

15

20

25

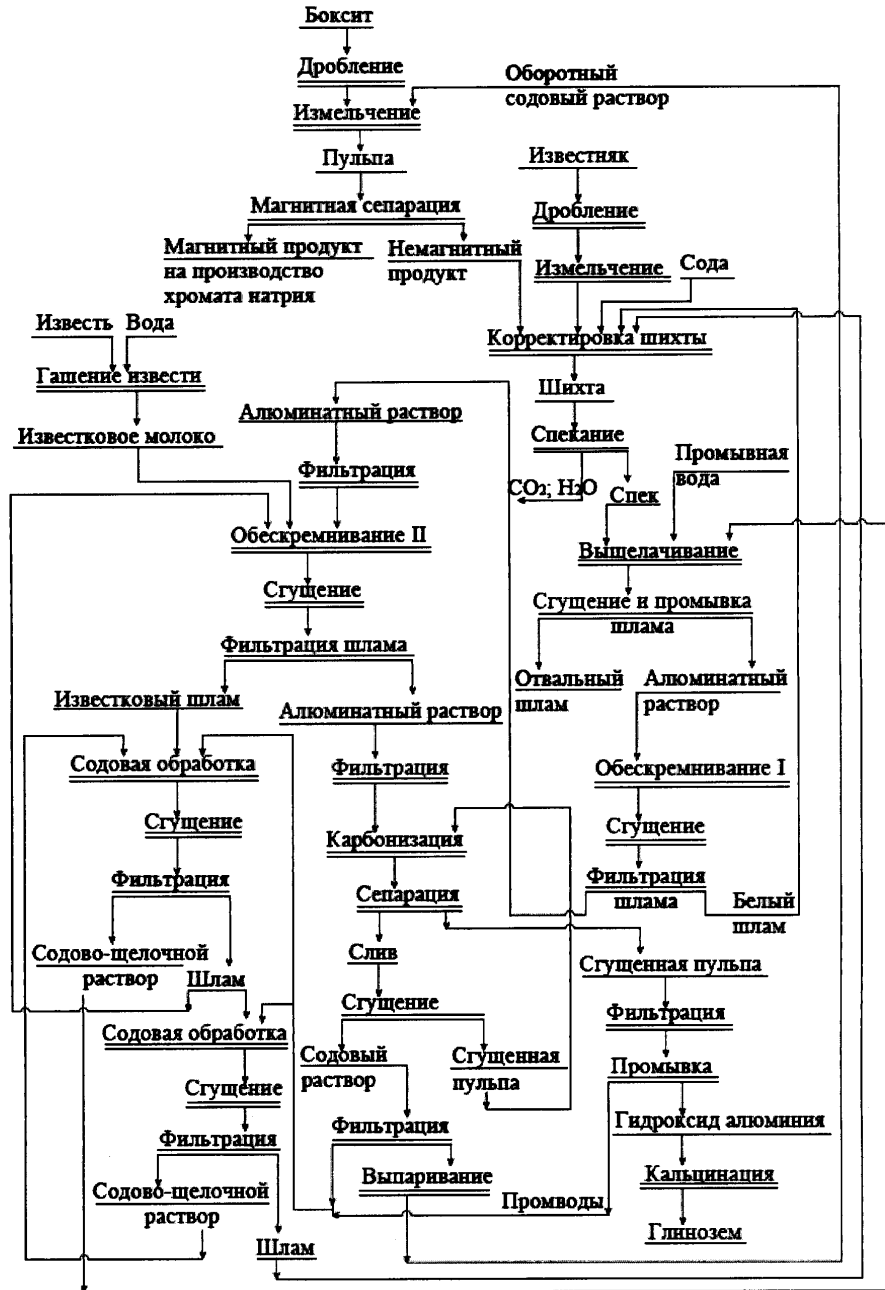
30

35

40

45

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ГЛИНОЗЕМА ИЗ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ БОКСИТОВ



Фиг. 1

Проба №	Содержание, % _(масс.)								Кремниевый модуль μ_{Si}
	П.П.П.	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	
1	16,60	51,40	17,80	7,10	0,58	3,10	1,30	0,80	2,89
2	16,45	53,94	18,75	4,35	0,60	4,30	1,21	-	2,88
3	17,94	51,16	18,00	4,71	0,40	3,00	1,06	0,74	2,84

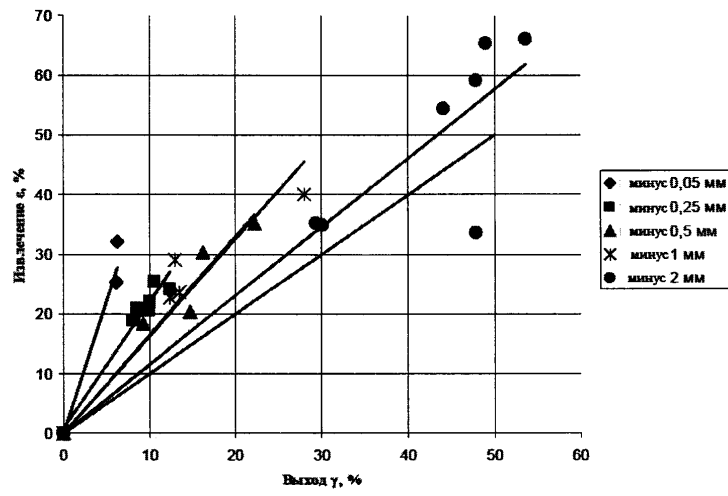
Фиг. 2

Минерал	Бемит	Гиббсит	Каолинит	Гетит	Гематит	Магнетит	Хромит
Содержание Cr ₂ O ₃ , % _(масс.)	0,259- -0,676	0,108- -0,212	до 0,483	0,608- -1,024	0,444- -3,423	0,389- -0,985	59,449- -63,248

Фиг. 3

Фракция, мм	Операция	Ток сепаратора, А	Продукт	Выход продукта, %	Содержание, %		Извлечение, %		Снижение содержания Cr ₂ O ₃ , %
					Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	
-0,05	сепарация	6	магнитный	6,10	13,50	2,50	19,61	25,41	23,33
	сепарация	6	немагнитный	93,90	3,50	0,46	78,25	71,99	
	сепарация	9	магнитный	6,16	13,10	2,46	19,21	25,25	23,33
	сепарация	9	немагнитный	94,84	3,60	0,46	80,43	71,94	
	сепарация	12	магнитный	6,20	15,43	3,10	22,78	32,03	28,33
	сепарация	12	немагнитный	93,80	3,60	0,43	80,40	67,22	

Фиг. 4



Фиг. 5

Фракция, мм	-2,00	-1,00	-0,50	-0,25	-0,05
tg (угла) = ϵ/γ	1,15	1,62	1,64	2,09	4,49

Фиг. 6