

Цветная металлургия

Введение

Цветная металлургия

Цветная металлургия — отрасль металлургии, которая включает добычу, обогащение руд цветных металлов и выплавку цветных металлов и их сплавов



Также условно цветные металлы можно разделить на четыре

группы:

- 1) *тяжелые металлы* — медь, никель, свинец, цинк, олово;
- 2) *легкие металлы* — алюминий, магний, кальций, калий, натрий, барий, бериллий, литий;
- 3) *благородные металлы* — золото, серебро, платина и ее природные спутники (родий, иридий, палладий, осмий);
- 4) *редкие металлы*; к этой группе относятся:
 - *тугоплавкие металлы*— молибден, вольфрам, ванадий, титан, ниобий, тантал и цирконий;
 - *легкие* — стронций, скандий, рубидий и цезий;
 - *радиоактивные* — уран, радий, торий, актиний и протактиний;
 - *рассеянные и редкоземельные* — германий, галлий, гафний, индий, лантан, таллий, церий и рений.

> 30 лет назад...



Алюминий

Лекция

Алюминий

Алюминий — элемент главной подгруппы третьей группы третьего периода периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева. Атомный номер 13. Обозначается символом Al (лат. Aluminium). Относится к группе лёгких металлов.

Наиболее распространённый металл и третий по распространённости химический элемент в земной коре (после кислорода и кремния). Процент содержания алюминия в земной коре по данным различных исследователей составляет от 7,45 до 8,14 % от массы земной коры.



Алюминиевые руды

Важнейшими минералами, содержащими алюминий, являются:

- Корунд — Al_2O_3
- Диаспор (бемит) — AlOОН
- Шпинель — $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{MgO}$
- Гиббсит — $\text{Al}(\text{OH})_3$
- Кианит (андалузит, силимонит) — $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$
- Каолин — $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- и др.



Основные алюминиевые руды – бокситы, нефелины, алуниты, каолины и кианиты.

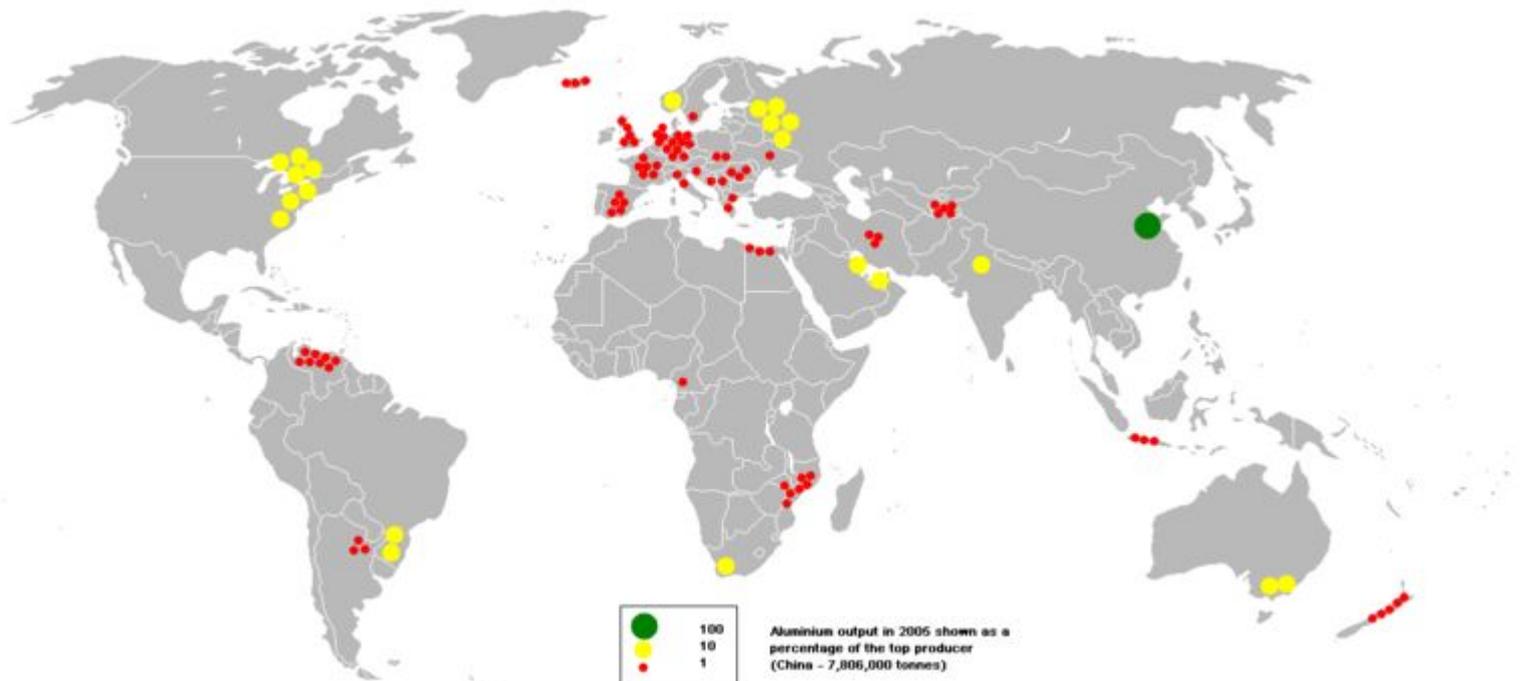
Содержание глинозёма в промышленных бокситах колеблется от 40 % до 60 % и выше. Используется также в качестве флюса в чёрной металлургии. К числу крупных месторождений бокситов в нашей стране относится Тихвинское (Ленинградская область), Северо-уральское (Свердловская область), Южноуральское (Челябинская область), Тургайское и Краснооктябрьское (Кустанайская область).

Физические свойства

- металл серебристо-белого цвета, лёгкий,
- плотность — $2,7 \text{ г/см}^3$,
- температура плавления у технического алюминия — $658 \text{ }^\circ\text{C}$, у алюминия высокой чистоты — $660 \text{ }^\circ\text{C}$
- удельная теплота плавления — 390 кДж/кг ,
- температура кипения — $2500 \text{ }^\circ\text{C}$
- твёрдость по Бринеллю — $24 \dots 32 \text{ кгс/мм}^2$,
- высокая пластичность: у технического — 35% , у чистого — 50% , прокатывается в тонкий лист и даже фольгу
- модуль Юнга — 70 ГПа .
- Алюминий обладает высокой электропроводностью ($0,0265 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$) и теплопроводностью ($1,24 \times 10^{-3} \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$), 65% от электропроводности меди, обладает высокой светоотражательной способностью.
- слабый парамагнетик
- Алюминий образует сплавы почти со всеми металлами
- Сродство алюминия к кислороду очень большое

Производство

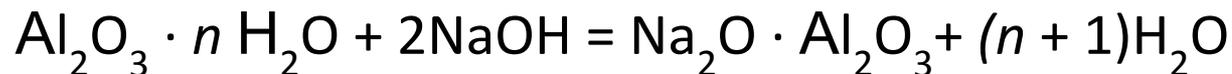
Основным современным способом производства алюминия является электролитический способ, состоящий из двух стадий. *Первая* - это получение глинозема (Al_2O_3) из рудного сырья и *вторая* — получение жидкого алюминия из глинозема путем электролиза.



Способ Байера

Способ Байера — способ выделения глинозема из боксита — основан на выщелачивании, цель которого растворить содержащийся в боксите оксид алюминия Al_2O_3 , избежав перевода в раствор остальных составляющих боксита (SiO_2 , Fe_2O_3 и др.).

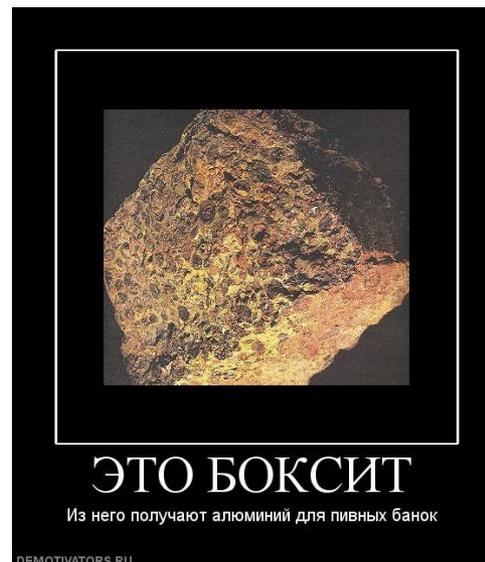
В основе способа лежит обратимая химическая реакция:



При протекании реакции вправо глинозем в виде алюмината натрия переходит в раствор, а при обратном течении реакции образующийся гидратированный Al_2O_3 выпадает в осадок.

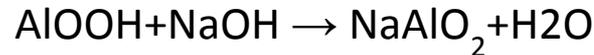
1. Подготовка боксита к выщелачиванию

Боксит дробят и размалывают до фракций размером 0,05—0,15 мм в среде добавляемой щелочи и оборотного раствора щелочи NaOH, добавляют также немного извести, активизирующей выщелачивание.

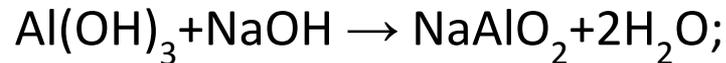


2. Выщелачивание боксита

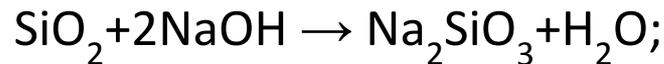
Выщелачивание боксита, заключается его в химическом разложении от взаимодействия с водным раствором щелочи; гидраты окиси алюминия при взаимодействии со щелочью переходят в раствор в виде алюмината натрия:



или



Содержащийся в боксите кремнезем взаимодействует со щелочью и переходит в раствор в виде силиката натрия:



В растворе алюминат натрия и силикат натрия образуют нерастворимый натриевый алюмосиликат; в нерастворимый остаток переходят окислы титана и железа, придающие остатку красный цвет; этот остаток называют *красным шламом*. По окончании растворения полученный алюминат натрия разбавляют водным раствором щелочи при одновременном понижении температуры на 100 °С.

Выщелачивание производится в автоклавах — сосудах, работающих под давлением. Продуктом является автоклавная пульпа, состоящая из алюминатного раствора (содержащего $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) и шлама (осадка, в который выпадают остальные примеси боксита).

3. Отделение алюминатного раствора от красного шлама

Отделение алюминатного раствора от красного шлама обычно осуществляемого путем промывки в специальных сгустителях; в результате этого красный шлам оседает, а алюминатный раствор сливают и затем фильтруют (осветляют).

Получаемый красный шлам (окраску ему придают частицы Fe_2O_3) идет в отвал, шлам содержит, %: Al_2O_3 12—18, SiO_2 6—11, Fe_2O_3 44—50, CaO 8—13.

4. Разложение алюминатного раствора

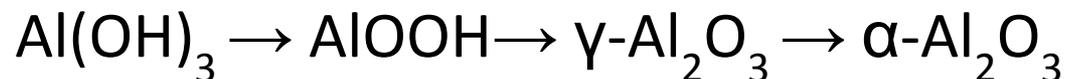
Разложение алюминатного раствора, называемое также *декомпозицией* или выкручиванием, проводят с целью перевести алюминий из раствора в осадок в виде $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$, для чего обеспечивают течение приведенной выше реакции выщелачивания влево, в сторону образования $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$.

5. Отделение кристаллов гидрооксида алюминия

Отделение кристаллов гидрооксида алюминия от раствора и классификация кристаллов по крупности: после декомпозиции пульпа поступает в сгустители, где гидрооксид отделяют от раствора.

6. Обезвоживания гидроокиси алюминия (кальцинации)

Это завершающая операция производства глинозема; ее осуществляют в трубчатых вращающихся печах, а в последнее время также в печах с турбулентным движением материала при температуре 1150-1300 °С; сырая гидроокись алюминия, проходя через вращающуюся печь, высушивается и обезвоживается; при нагреве происходят последовательно следующие структурные превращения:



В окончательно прокаленном глиноземе содержится 30-50% $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (корунд), остальное $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$.



Электролитическое получение алюминия

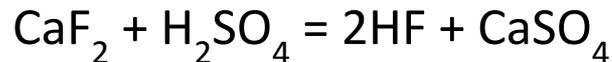
Алюминий получают путем электролиза глинозема, растворенного в расплавленном электролите, основным компонентом которого является криолит Na_3AlF_6 .

Сырьем для производства криолита служит плавиковый шпат или флюорит CaF_2

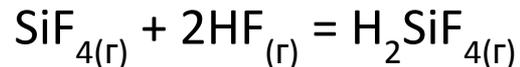
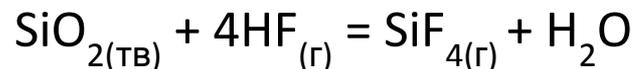
Из концентрата криолит можно получить двумя способами: кислотным и щелочным.

Кислотный способ получения криолита

Во вращающихся трубчатых печах при 200 °С протекает реакция взаимодействия плавикового шпата с крепкой серной кислотой с образованием фтористого водорода и гипса:



Если в плавиковом шпате присутствует кремнезем, то возможно протекание следующих реакций:

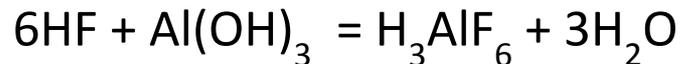


Эти реакции показывают, что примеси кремнезема снижают выход HF и загрязняют его кремнефтористой кислотой. Газы поглощаются водой в специальных башнях с насадкой.

Плавиковую кислоту подвергают обескремниванию, для чего к кислоте добавляют соду:



Далее для получения криолита в раствор чистой плавиковой кислоты добавляют расчетное количество $\text{Al}(\text{OH})_3$:

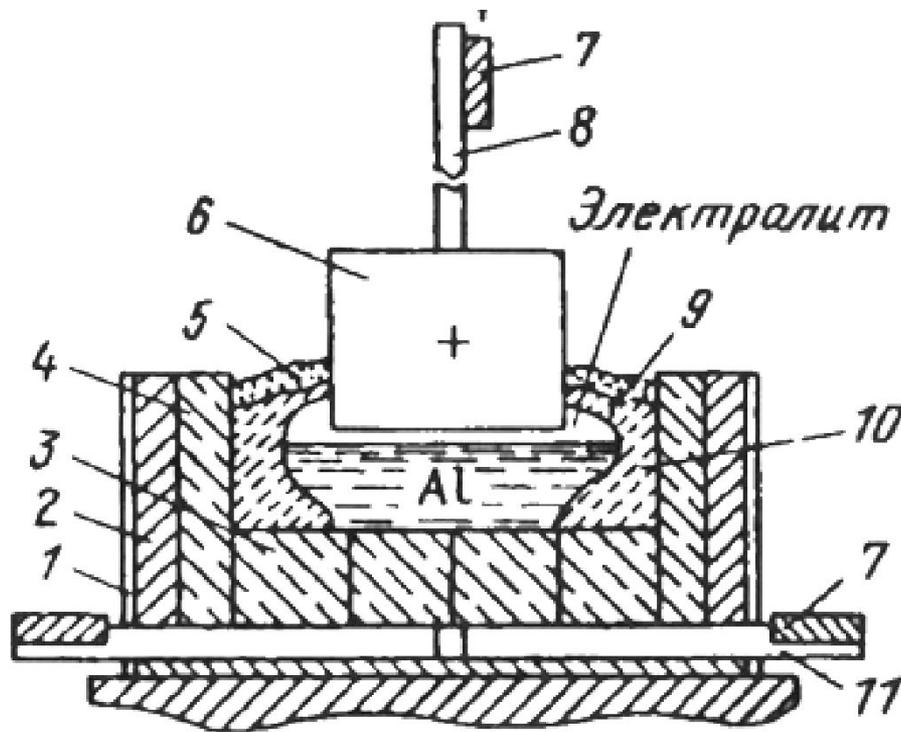


Затем на образовавшуюся фторалюминиевую кислоту действуют содой, при этом получается криолит:



Далее криолит отделяют от раствора, промывают и сушат в сушильных барабанах при 140 – 160 °С.

Электролизная ванна или электролизер



- 1 — кожух;
- 2 — шамот;
- 3 — угольный блок;
- 4 — угольная плита;
- 5 — глинозем;
- 6 — анод;
- 7 — токоподводящая шина;
- 8 — подвеска (токоподвод);
- 9 — корка затвердевшего электролита;
- 10 — гарнисаж (затвердевший электролит);
- 11 — токоподвод

Тепло генерируется за счет прохождения тока через электролит. Глинозем в ванну подается сверху. Алюминий накапливается на подине под слоем электролита. В ванне протекают реакции:



Т.е. на катоде выделяется алюминий, который впоследствии скапливается на дне ванны. На анодах выделяется кислород, взаимодействующий с углеродом электродов с образованием газов CO и CO₂. По мере сгорания анодов их постепенно опускают вниз. Глинозем добавляют в ванну по мере расходования. В результате электролиза получают алюминий-сырец или черновой алюминий. Слив алюминия проводят через сифон.

Рафинирование

Рафинирование - очистка чего-либо от посторонних примесей.

Черновой алюминий содержит примеси трех видов:

1. Неметаллические включения (их механически захватывает металл при выпуске, к ним относятся глинозем, электролит, карбид алюминия, угольные частицы).
2. Металлические примеси, переходящие из сырья (Fe, Si, Ti, Na, Ca, Cu, Zn и др.)
3. Газообразные примеси (в основном водород, появляющийся в результате электролиза воды)

Хлорирование

(проводится в ковше продувкой газообразным хлором)

Для очистки от механически захваченных примесей, растворенных газов, а также от Na, Ca и Mg алюминий подвергают хлорированию.

Хлор энергично реагирует с алюминием, образуя хлористый алюминий Al_2O_3 .

Пары хлористого алюминия поднимаются через слой металла и вместе с ними всплывают взвешенные неметаллические примеси, часть газов и образующиеся хлориды Na, Ca, Mg и H_2 . В результате продувки хлором удаляются также и газообразные примеси.

Для рафинирования алюминия так же используют такие методы как:

- *Электролитические методы* (они более эффективны, чем хлор)
- *Дистилляция* (перевод алюминия в парообразное состояние с последующей конденсацией)
- *Зонная плавка* (перемещение расплавленной зоны вдоль твердого стержня алюминия; метод основан на различно растворимости разных элементов в твердой и жидкой фазах одного и того же материала)

Сплавы на основе алюминия

В качестве конструкционного материала обычно используют не чистый алюминий, а разные сплавы на его основе:

- Алюминиево-магниевые Al-Mg
- Алюминиево-марганцевые Al-Mn
- Алюминиево-медные Al-Cu (Al-Cu-Mg, дюралюминий)
- Сплавы системы Al-Zn-Mg (Al-Zn-Mg-Cu)
- Алюминиево-кремниевые сплавы (силумины)

Применение

- Авиация и космонавтика
- Транспорт
- Пищевая промышленность
- Ядерная энергетика
- Электроника
- Химическая промышленность
- И многое другое



Вопросы для самоконтроля:

1. Получение глинозема по методу Байера.
2. Получение металлического алюминия.
3. Методы рафинирования алюминия.
4. Сущность метода “зонной плавки”.
5. Основные составляющие себестоимости производства алюминия.
6. Последовательность химических реакций, используемых для получения алюминия.
7. Физические свойства и области использования алюминия. Какой металл близок по свойствам алюминию.
8. Что такое криолит и для чего он используется.

Приложение 1

Основные составляющие себестоимости производства алюминия:

1. Извлечение глинозема при использовании описанного способа Байера составляет около 87 %. На производство 1 т глинозема расходуют 2,0—2,5 т боксита, 70—90 кг NaOH, около 120 кг извести, 7-9 т пара, 160-180 кг мазута (в пересчете на условное топливо) и около 280 кВт · ч электроэнергии.
2. Получение алюминия электролизом криолитоглиноземного расплава связано не только с большим расходом электроэнергии, но и со значительным расходом угольных анодов (420—575 кг/т алюминия), что составляет 20—25 % себестоимости алюминия.