**СОЕДИНЕНИЯ АЛЮМИНИЯ И АЛЮМИНАТНЫЕ РАСТВОРЫ**

Рылова Р.И.,

*почетный работник СПО*

*Краевое государственное бюджетное профессиональное*

*образовательное учреждение*

*«Ачинский колледж отраслевых технологий и бизнеса»*

**Аннотация:** Методическая разработка занятия по теме «Соединения алюминия и алюминатные растворы» предназначена для студентов второго курса специальности 22.02.02 Металлургия цветных металлов очной и заочной форм обучения, реализующих образовательную программу среднего профессионального образования.

**Цель** методической разработки актуализация и закрепление материала в процессе организации аудиторных занятий и самостоятельной работы студентов и представляет собой лекционный материал, задания, направленные на активизацию учебного материала и подготовку к выполнению внеаудиторной самостоятельной работы в форме семинарских занятий.

**Структура**

1. Программная аннотация
2. Опорный конспект (теоретическая часть)
3. Приложение А. Металлургический практикум
4. Приложение Б. Вопросы и задания для обсуждения на семинарском занятии
5. Приложение В. Задания в тестовой форме

В результате освоения темы «Соединения алюминия. Алюминаты и алюминатные растворы» обучающийся должен знать:

– сущность производства глинозема из бокситов;

– соединения алюминия бокситовых пород;

– разновидности щелочей;

– что такое алюминаты и алюминатные растворы;

– модули: общий, щелочной, каустический

 В результате освоения темы «Соединения алюминия. Алюминаты и алюминатные растворы» обучающийся должен уметь:

– пользоваться теоретическими знаниями;

 – рассказывать, рассуждать в связи с изученной тематикой, описывать события, излагать факты, делать обобщения.

Методическая разработка составлена с учетом педагогических технологий: традиционных технологий обучения, нетрадиционных технологии обучения, технологий активизации обучения, личностно-ориентированных технологий обучения.

Методическая разработка может быть также рекомендовано преподавателям междисциплинарных курсов как методика организации работы с учебным материалом и самостоятельной работы обучающихся в их профессиональной деятельности.

**СОЕДИНЕНИЯ АЛЮМИНИЯ И АЛЮМИНАТНЫЕ РАСТВОРЫ**

**ПРОГРАММНАЯ АННОТАЦИЯ**

Оксиды алюминия

Гидроксиды алюминия

Алюминаты. Алюминатные растворы

**ПОНЯТИЯ И КАТЕГОРИИ**

Корунд

Гамма-глинозем

Бемит

Гиббсит (гидраргиллит)

Байерит

Норстрандит

Алюмогель

Титруемая щелочь

Карбонатная щелочь

Каустическая щелочь

Сульфатная щелочь

Общая щелочь

Алюминаты

Алюминатные растворы

Общий (αo) модуль алюминатного раствора

Каустический (αк) модуль алюминатного раствора

Диаграмма равновесных состояний системы аl2о3-nа2о-н2о

Стойкость алюминатного раствора

Теоретически стойкие алюминатные растворы

Практически стойкие алюминатные растворы

**ОПОРНЫЙ КОНСПЕКТ**

**Общие положения**

Глинозем получают преимущественно из бокситов, а в странах СНГ – из бокситов, нефелиновых руд и алунитов. Бокситы считаются тем качественнее, чем больше содержат глинозема и меньше кремнезема.

Отношение содержания оксида алюминия к оксиду кремния по массе называют кремневым модулем боксита.

µsi=[Al2O3]/ [SiO2]

где [Al2O3] и [SiO2] - концентрации Al2O3 и SiO2 в алюминатном растворе соответственно, выраженные в г/дм3 или в % масс.

По величине кремневого модуля судят о качестве очистки алюминатного раствора от основной примеси - оксида кремния. Эта величина колеблется для бокситов от 3,5 до 20. Промышленными способами производства глинозема являются:

– способ Байера, применяемый для переработки высококачественных малокремнистых бокситов с кремневым модулем ≥ 6-8;

– способ спекания, применяемый для переработки высококремнистых бокситов с кремневым модулем < 6-8 и для переработки нефелинов;

 – комбинированные способы Байер-спекания, применяемые для переработки высококремнистых бокситов с кремневым модулем < 6-8;

 – восстановительно-щелочной способ, применяемый для переработки алунитов

**Оксиды алюминия**. Оксид алюминия образует несколько полиморфных разновидностей, или форм, имеющих одинаковый химический состав, различное строение кристаллической решетки и, следовательно, различные свойства. При производстве глинозема наибольшее значение имеют две из этих разновидностей: α-Аl2О3 (альфа-глинозем или корунд) и γ-Аl2О3 (гамма-глинозем)

Корунд - наиболее устойчивая форма глинозема; встречается в природе в виде бесцветных или окрашенных примесями кристаллов, а также получается искусственным путем: при кристаллизации расплавленного глинозема или нагревании гидроксида; алюминия до высокой температуры. Корунд химически стоек по отношению ко многим химическим реагентам и расплавам. Он очень медленно реагирует с растворами щелочей и кислот даже при высоких температурах. Корунд обладает высокой твердостью (9 по шкале Мооса), практически не гигроскопичен, т. е. не поглощает влаги при хранении. Плотность α-Аl2О3 4 г/см3, температура плавления 2050 °С, температура кипения около 3500 °С.

Гамма-глиноземимеет кристаллическую решетку кубической системы. В зависимости от температуры получения γ-Аl2О3 кристаллизуется как в скрытокристаллической (высокодисперсной) так и в явнокристаллической формах. В природе γ-Аl2О3 не встречается, а образуется при нагревании одноводного гидроксида алюминия (бемита) до 500 °С. При дальнейшем нагревании γ-Аl2О3 превращается в α-А12О3. Температура превращения γ-Аl2О3 в корунд зависит от химической природы стабилизирую­щего оксида. Если стабилизирующим оксидом является вода, то превращение происходит в температурном интервале 850-1050 °С; в присутствии оксида лития γ-Аl2О3 превращается в α-Аl2О3 при температуре выше 1500 °С. Превращение γ-Аl2О3 в α-Аl2О3 сопро­вождается уменьшением объема на 14,3 %. В отличие от α-Аl2О3 γ-Аl2О3 хорошо растворяется как в кис­лотах, так и в щелочах. При 400-500°С γ-Аl2О3 легко взаимо­действует с фтористым водородом, образуя АlF3. Скрытокристаллический γ-Аl2О3 обладает большой способностью поглощать влагу (сильно гигроскопичен), а также другие вещества. Плот­ность γ-Аl2О3 3,42 г/см3.

При кристаллизации расплавленного глинозема, содержащего примеси соединений щелочных и щелочноземельных металлов, мо­жет быть получена β-разновидность оксида алюминия. Исследо­ваниями установлено, что β-Аl2О3 не является чистым оксидом алюминия, а представляет собой химическое соединение Аl2О3 с оксидами щелочных и щелочноземельных металлов (Nа2О·11Аl2О3, СаО·6Аl2О3, ВаО·6А12О3). Твердость и плотность β-Аl2О3 меньше, чем корунда. При нагревании до температуры 1600-1700 °Спроисходит разложение β-Аl2О3 и превращение его в α-Аl2О3.

В литературе имеются также указания о существовании про­межуточных разновидностей оксида алюминия (θ-Аl2О3, κ-Аl2О3, δ-Аl2О3, η-Аl2О3 и др.), которые образуются при прокаливании гидроксидов алюминия.

Технический глинозем практически представляет собой смесь α- и γ-глинозема.

Гидроксиды алюминия

Существует несколько разновидностей гидроксидов алюминия: диаспор, бемит, гиббсит, байерит, норстрандит.

Диаспор и бемитАl2О3·Н2О или АlO(ОН) - полиморфные разновидности одноводного оксида алюминия, встречаются в при­роде в составе бокситов, кристаллизуются в ромбической системе и могут находиться в бокситах в кристаллической и скрытокристаллической формах. Плот­ность диаспора 3,3-3,5 г/см3, бемита 3 г/см3. При температуре около 500 °С диаспор и бемит теряют кристаллизационную воду, превращаясь в безводный глинозем. При этом диаспор превра­щается в α-Аl2О3, а бемит - в γ-Аl2О3. В щелочных растворах диаспор и бемит растворяются только при высоких температурах, при этом диаспор растворяется зна­чительно хуже бемита.

Гиббсит - трехводный оксид алюминия Аl2О3·ЗН2О, или Аl(ОН)3 встречается в природе в составе бокситов и является промежуточным продуктом при производстве глинозема щелочными способами. Плотность гиббсита 2,3-2,4 г/см3.

В обыкновенных условиях гиббсит - наиболее устойчивая форма гидроксида алюминия. При нагревании до 200-250°С гиббсит теряет две молекулы кристаллизационной воды и превращается в бемит.

При дальнейшем нагревании бемит, как мы знаем, переходит в γ-Аl2О3, который в свою очередь переходит в α-Аl2О3. По мне­нию многих исследователей, превращение гиббсита в а-Аl2О3 - более сложный процесс, и происходит он через ряд других проме­жуточных фаз. Гиббсит хорошо растворяется в щелочах и кис­лотах.

Байеритимеет такую же химическую формулу, что и гиббсит. В природе байерит не встречается. Он может быть получен, на­пример, при медленном пропускании углекислого газа через алюминатный раствор или при самопроизвольном разложении рас­твора при комнатной температуре. Плотность байерита 2,55 г/см3. Байерит - неустойчивое метастабильное соединение и при обыкно­венной температуре превращается в гиббсит. С повышением тем­пературы, а также степени дисперсности стойкость байерита умень­шается. В щелочных растворах байерит растворяется лучше гибб­сита.

Известна еще третья модификация трехводного оксида алюми­ния - нордстрандит*,* которая впервые была синтезирована в 1956 г. Нордстрандит представляет собой прозрачные кристаллы моноклинной системы. Плотность нордстрандита 2,436 г/см3.

При быстром осаждении гидроксида алюминия из солевых рас­творов образуется студенистый осадок - алюмогель*,* не имеющий кристаллического строения, содержащий большое количество воды и обладающий высокой химической активностью. Алюмогель, как и байерит, неустойчив и с течением времени превращается в гибб­сит.

**Алюминаты. Алюминатные растворы.** При производстве глинозема щелочными способами алюминатные растворы являются промежуточными продуктами. В способе Байера их получают при выщелачивании бокситов, в способе спекания - при выщелачивании спёка. Алюминатные растворы характеризуются различной стойкостью к разложению с выделением в твердую фазу гидроксида алюминия в зависимости от eгo состава, концентрации и температуры. Промышленные алюминатные растворы после выщелачивания содержат оксиды калия и натрия, алюминия, и другие химические соединения, в которых присутствуют кремний, сера, фтор.

Оксид алюминия - соединение амфотерное, т. е. обладающее одновременно основными и кислотными свойствами. Поэтому ок­сид, а также его гидроксиды растворяются как в кислотах, так и в щелочах. При растворении гидроксида алюминия в кислотах об­разуются алюминиевые соли соответствующих кислот, например 2Аl(ОН) 3 + 3Н2SО4 = Аl2(SО4)3 *+* 6Н2О.

При растворении гидроксида алюминия в щелочах образуются соли метаалюминиевой кислоты НАlO2, которые носят название алюминатов, например Аl(ОН)3 + NaОН = NаАlО2 + 2Н2О.

Алюминаты образуются также при нагревании смеси оксида или гидроксида алюминия с соединениями щелочных или щелоч­ноземельных металлов до 800 °С и выше, например Аl2О3 + Na2CO3 = 2NаАlО2 + СО2. Часто формулу алюмината пишут иначе: Nа2О·А12О3.

Как мы знаем, скорость растворения гидроксидов алюминия в щелочах и кислотах неодинакова. Наиболее быстро растворяется гиббсит, медленнее бемит и наиболее медленно диаспор. Актив­ность гидроксидов алюминия зависит не только от их природы, но и от условий получения и степени дисперсности. С повышением степени дисперсности увеличивается поверхность соприкосновения гидроксида с растворителем, т.е. активная поверхность вещества, и скорость растворения гидроксида возрастает. Растворы алюми­натов в щелочном растворе получили название алюминатных растворов*.* В производстве глинозема приходится иметь дело с рас­творами алюмината натрия, а в некоторых случаях и калия.

На природу алюминатных растворов существует несколько взглядов. Согласно наиболее распространенному из них, алюминатный раствор представляет собой раствор алюмината натрия (или калия) как химического соединения NаАlО2, т.е. является истинным (ионным) раствором. Значит, алюминат натрия можно рассматривать как соль, образованную слабой кислотой (гидроксид алюминия) и сильным основанием (едкий натр). Как изве­стно, такие соли способны подвергаться обменному разложению с водой (гидролизу) с образованием малодиссоциированной или труднорастворимой кислоты и основания, в нашем случае - по реакции NаАlO2 + 2Н2О ⮀ NаОН + Аl(ОH)3.

Одним из характерных свойств алюминатных растворов яв­ляется их способность самопроизвольно разлагаться с выделением в осадок гидроксида алюминия. Поэтому промышленные алюминатные растворы содержат некоторое количество свободной ще­лочи, которая делает алюминатный раствор более стойким. Состав алюминатных растворов, прежде всего, характеризуется концентра­цией глинозема Аl2О3 и щелочи Nа2O. Кроме этих основных ком­понентов, алюминатные растворы содержат в виде различных хи­мических соединений примеси кремнезема, серы, хлора, железа, фтора, галлия, ванадия, органических веществ и др.

Различают следующие виды щелочи в алюминатных растворах: титруемая, карбонатная, каустическая, сульфатная и общая. Кон­центрация титруемой щелочи Nа2От определяется титрованием раствора соляной кислотой: при этом оттитровывается (опреде­ляется) оксид натрия, находящийся в растворе в виде каустика NaОН, алюмината натрия NаAlO2, соды Nа2СО3, силиката натрия Nа2SiO3, сульфита натрия Nа2SO3 и частично фторида натрия NаF и тиосульфата натрия Nа2S2О3. Карбонатная (углекислая) щелочь Nа2Оу находится в алюминатных растворах в виде соды. Концен­трация каустической щелочи Nа2Ок определяется как разность между титруемой щелочью и карбонатной. Сульфатная щелочь Nа2Ос находится в растворе в виде сульфата натрия Nа2SО4.

В алюминатных растворах наряду с натриевой может присут­ствовать калиевая щелочь. Сумму концентраций натриевой и ка­лиевой щелочи обычно обозначают через R2О, причем К2О в этой сумме пересчитывается на Nа2О.

*Концентрацию отдельных компонентов в алюминатных раство­рах обычно выражают в граммах на литр раствора (г/л), реже - в процентах. Для перехода от концентрации в процентах (с) к концентрации в граммах на литр (а) пользуются формулой:*

*а = 10сρ,*

 *где ρ - плотность раствора, г/см3.*

Важным показателем, характеризующим алюминатный рас­твор, является его модуль, под которым понимают молярное от­ношение концентраций Nа2О и А12О3 в растворе. Иными словами, модуль показывает, сколько молей щелочи в растворе приходится на каждый моль оксида алюминия. Различают *общий* (αo) и *каустический* (αк) *модули раствора.* Общий модуль находится как молярное отношение концентраций титруемой щелочи и оксида алюминия, а каустический - как молярное отношение концентраций каустической щелочи и оксида алюминия:

αo = 102 (Na2O)т/62 (Аl2O3) = 1,645 (Na2О)т/(Аl2О3),

αк = 102 (Na2O)к/62 (Аl2O3) = 1,645 (Na2О)к/(Аl2О3)

где (Nа2О)т, (Na2О)к и (Аl2О3) - соответственно концентрация Na2От, Nа2Ок и Аl2О3 в растворе, г/л или %;

 102 и 62 - молеку­лярные массы соответственно Аl2О3 и Na2О.

Реакция гидролиза алюмината *натрия* обратима, т.е. проте­кает одновременно в противоположных направлениях. Если ско­рость прямой реакции больше скорости обратной, то происходит разложение алюмината натрия с образованием кристаллического гидроксида алюминия Al(ОН)3, если же наоборот, скорость об­ратной реакции больше скорости прямой, то происходит растворе­ние гидроксида алюминия с образованием алюмината натрия. Как увеличение концентрации едкой щелочи, так и повышение темпе­ратуры приводит к сдвигу равновесия справа налево, т.е. к рас­творению Al(ОН)3; разбавление же растворов и охлаждение их способствуют разложению алюминатного раствора и выпадению гидроксида алюминия в осадок.

При равенстве скоростей обеих реакций устанавливается хими­ческое равновесие, которое характеризуется тем, что концентра­ция реагирующих веществ при неизменных условиях не изме­няется. Полученный при этом *алюминатный раствор называют равновесным. Каждому равновесному раствору при данной темпе­ратуре соответствует совершенно определенная концентрация Nа2O и Аl2О3 в нем. Отложив эти концентрации на осях коорди­нат и соединив полученные точки, мы получим изотерму равнове­сия алюминатного раствора.*

На рисунке 1 показаны изотермы равновесия в системе Na2О-Аl2О3-Н2О для температур 30, 60, 95, 150 и 200°С. Каждая изо­терма имеет вид кривой, состоящей из двух пересекающихся вет­вей. Вся диаграмма может быть разделена на ряд областей. Выше левых ветвей изотерм находится область пересыщенных растворов. Концентрация глинозема в них превышает равновесную. Поэтому растворы, находящиеся в этой области, нестойки и разлагаются с выделением гидроксида алюминия. Точки, расположенные непо­средственно на левых ветвях изотерм, отвечают равновесию алюминатных растворов с гиббситом (для 30, 60 и 95°С) и с бемитом (для 150 и 200°С). Между ветвями изотерм находится область ненасыщенных растворов. Концентрация глинозема в этих растворах ниже равновесной, поэтому они стойки при данной температуре. Выше правых ветвей находится область пересыщенных раство­ров алюмината натрия в едком натре, а точки, расположенные на этих ветвях, отвечают равновесию растворов едкой щелочи с алю­минатом натрия состава Nа2О-А12О3-2,5Н2О.



Рисунок 1 - Изотермы системы Аl2О3-Na2О-Н2О

При высоком содер­жании щелочи в растворе (не менее 38 %) в равновесии с жидкой фазой находится алюминат натрия другого состава - 3Nа2О · Аl2О3 · 6Н2О. Точка пересечения правой и левой ветвей изотермы отвечает раствору, который одновременно является равновесным как по отношению к гидроксиду алюминия, так и по отношению к алюминату натрия. На лучах (пунктирные линии) распола­гаются растворы с одинаковым каустическим модулем.

Изотермы системы Nа2О - Аl2О3 - Н2О имеют большое теоре­тическое значение. Они позволяют судить о поведении алюминатных растворов в зависимости от их концентрации и температуры. Например, алюминатный раствор, отвечающий по своему составу точке *а* (αк = 2,47) при 30 °С пересыщен гиббситом и будет разла­гаться с выделением в осадок А1(ОН)3 (см. рисунок 1). Концентра­ция Аl2О3 в растворе при этом будет уменьшаться, а концентра­ция Nа2О возрастать, т. е. состав раствора будет изменяться по прямой *αk.* Разложение данного раствора должно продолжаться до тех пор, пока концентрация Аl2О3 в нем не станет равновесной. Этой концентрации отвечает точка k на левой ветви изотермы для 30 °С. Тот же самый раствор, т.е. раствор, отвечающий по своему составу точке *а,* при 60 °С уже насыщен гиббситом. Поэтому при 60 °С в нем можно растворить некоторое количество гидроксида алюминия, пока его концентрация не станет равновесной (точка *т* на левой ветви изотермы для 60 °С).

Чтобы вызвать гидролиз того или иного алюминатного рас­твора, необходимо его перевести в область пересыщенных раство­ров. Этого можно достичь или снижением температуры раствора или разбавлением раствора водой. Так, мы уже видели, что если, раствор, отвечающий по своему составу точке *а* и имеющей тем­пературу 60 °С, охладить до 30 °С, то он перейдет в область пере­сыщенных растворов и будет разлагаться. Если тот же самый раствор разбавить водой, то концентрация Аl2О3 и Nа2О в нем уменьшится, но каустический модуль останется прежним. Следовательно, состав раствора переместится вдоль луча 2,47 по направлению к началу координат. Положим, что он переместится вточку *b*.Раствор, отвечающий по своему составу точке *b* и имеющий температуру 60 °С, находится в области пересыщенных растворов и будет разлагаться.

Производство глинозема из нефелинов и алунитов связано с получением растворов, которые наряду с алюминатом натрия содержат алюминат калия КАlO2. Он также содержится в раство­рах при получении глинозема из бокситов, когда для компенсации потерь щелочи в процессе используют кальцинированную соду из нефелинового сырья.

**Стойкость алюминатных растворов.** Следует различать теоретически стойкие и практически стойкие алюминатные растворы. Теоретически стойкими являются рас­творы, концентрация глинозема в которых ниже или равна равно­весной (т. е. расположенные между ветвями изотерм и на левых их ветвях). Практически стойкими называют такие растворы, ко­торые могут существовать без видимого разложения в течение достаточного для производственных целей времени, хотя концен­трация глинозема в них может быть и выше равновесной. Обус­ловлено это тем, что алюминатный раствор, даже будучи пересы­щенным, разлагается очень медленно.

Стойкость алюминатного раствора можно характеризовать степенью его пересыщения, под которой понимают отношение концентрации Аl2О3 в пересыщенном растворе к концентрации Аl2О3 в соответствующем равновесном растворе:

η - (Аl2О3)перес/(Аl2О3)равн.

На стойкость алюминатных растворов оказывает влияние ряд факторов: концентрация и температура алюминатного рас­твора, его каустический модуль, наличие в растворе осадка гидро­ксида алюминия и некоторых примесей, перемешивание рас­твора и др.

Уста­новили, что стойкость алюминатных растворов с понижением тем­пературы раствора, а также с его разбавлением уменьшается. Од­нако очень сильное разбавление раствора (до содержания Аl2О3 8-25 г/л) вновь приводит к повышению его стойкости.

С повышением каустического модуля стойкость алюминатных растворов возрастает. Так, алюминатные растворы с αк ≼ 1,2 при 60 °С находятся в области пересыщенных глиноземом растворов. С увеличением каустического модуля растворы пере­ходят в область ненасыщения глиноземом. При значительной вели­чине каустического модуля они оказываются в этой области (до правой ветви изотермы) и в области растворов, пересыщенных алюминатов натрия (за правой ветвью изотермы).

Большинство присутствующих в алюминатных растворах при­месей не оказывает влияния на стойкость алюминатных растворов. Однако некоторые примеси, такие, как органические вещества, кремнезем и сода, повышают стойкость алюминатных растворов, т. е. оказывают на них стабилизирующее действие. Установлено также, что такие примеси, как Fе2О3, Р2O5, снижают стойкость алюминатных растворов. Плотность, вязкость, электропроводность, температура кипения и другие физические свойства алюминатных растворов изменяются в широких пределах в зависимости от их концентрации, температуры и наличия примесей. Поэтому при оценке того или иного алюминатного раствора приходится обра­щаться к экспериментальным или практическим данным.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ

В таблице помещены ключевые понятия и определения. Надо установить, какому понятию какое определение соответствует

|  |  |
| --- | --- |
| Ключевые понятия | Определения  |
| Теоретически стойкие алюминатные растворы  | - молярное отношение концентраций каустической щелочи и оксида алюминия |
| Практически стойкие алюминатные растворы  | - трехводный оксид алюминия Аl2О3·ЗН2О, или Аl(ОН)3 встречается в природе в составе бокситов |
| Общий модуль  | - молярное от­ношение концентраций Nа2О и А12О3 в растворе |
| Каустический модуль | - Аl2О3·Н2О или АlO(ОН) - полиморфные разновидности одноводного оксида алюминия, встречаются в при­роде в составе бокситов |
| модуль | - находится как молярное отношение концентраций титруемой щелочи и оксида алюминия |
| Оксид алюминия | - растворы, ко­торые могут существовать без видимого разложения в течение достаточного для производственных целей времени, хотя - концентрация глинозема в них может быть и выше равновесной |
| Гиббсит | - рас­творы, концентрация глинозема в которых ниже или равна равно­весной |
| Алюминаты  | - соединение амфотерное, т. е. обладающее одновременно основными и кислотными свойствами |
| Стойкость алюминатного раствора  | - студенистый осадок, который образуется при быстром осаждении гидроксида алюминия из солевых рас­творов  |
| Алюмогель | - растворы алюми­натов в щелочном растворе |
| Технический глинозем  | - характеризуется степенью его пересыщения, под которой понимают отношение концентрации Аl2О3 в пересыщенном растворе к концентрации Аl2О3 в соответствующем равновесном растворе |
| Корунд  | - имеет такую же химическую формулу, что и гиббсит. В природе не встречается. |
| Байерит | - имеет кристаллическую решетку кубической системы. В природе не встречается, а образуется при нагревании одноводного гидроксида алюминия (бемита) до 500 °С. При дальнейшем нагревании превращается в α-А12О3. |
| Оксид алюминия | - соли метаалюминиевой кислоты НАlO2 |
| Алюминатные растворы | - представляет собой прозрачные кристаллы моноклинной системы |
| Диаспор и бемит | - практически представляет собой смесь α- и γ-глинозема |
| Гамма-глинозем | - наиболее устойчивая форма глинозема (встречается в природе в виде бесцветных или окрашенных примесями кристаллов) |
| Нордстрандит  | - образует несколько полиморфных разновидностей, или форм, имеющих одинаковый химический состав, различное строение кристаллической решетки и, следовательно, различные свойства. |

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ НА СЕМИНАРСКОМ ЗАНЯТИИ

1. Какие примеси (органические вещества) повышают стойкость алюминатных растворов?
2. Установлено также, что такие примеси, как Fе2О3, Р2O5 снижают или повышают стойкость алюминатных растворов?
3. Концентрацию отдельных компонентов в алюминатных раство­рах обычно выражают в каких единицах измерения?
4. Различают следующие виды \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ в алюминатных растворах: титруемая, карбонатная, каустическая, сульфатная и общая.
5. Вставьте пропущенные слова:

Кон­центрация \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ щелочи Nа2От определяется титрованием раствора соляной кислотой: при этом оттитровывается (опреде­ляется) оксид натрия, находящийся в растворе в виде каустика NaОН, алюмината натрия NаAlO2, соды Nа2СО3, силиката натрия Nа2SiO3, сульфита натрия Nа2SO3 и \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (углекислая) щелочь Nа2Оу находится в алюминатных растворах в виде соды.

Концен­трация \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_щелочи Nа2Ок определяется как разность между титруемой щелочью и карбонатной.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ щелочь Nа2Ос находится в растворе в виде сульфата натрия Nа2SО4.

В алюминатных растворах наряду с натриевой может присут­ствовать \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ щелочь.

Сумму концентраций натриевой и ка­лиевой щелочи обычно обозначают через R2О и называют \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, причем К2О в этой сумме пересчитывается на Nа2О.

1. Реакция гидролиза алюмината *натрия* обратима, т.е. проте­кает одновременно в \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_направлениях.
2. Если ско­рость прямой реакции больше скорости обратной, то происходит \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ алюмината натрия с образованием кристаллического гидроксида алюминия Al(ОН)3, если же наоборот, скорость об­ратной реакции больше скорости прямой, то происходит \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ гидроксида алюминия с образованием алюмината натрия.
3. На \_\_\_\_\_\_\_\_\_ алюминатных растворов оказывает влияние ряд факторов: концентрация и температура алюминатного рас­твора, его каустический модуль, наличие в растворе осадка гидро­ксида алюминия и некоторых примесей, перемешивание рас­твора и др.
4. Различают *общий* (αo) и *\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_* (αк) модули раствора
5. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ модуль находится как молярное отношение

 концентраций титруемой щелочи и оксида алюминия:

αo = 102 (Na2O)т/62 (Аl2O3) = 1,645 (Na2О)т/(Аl2О3)

1. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_модуль находится как молярное отношение концентраций каустической щелочи и оксида алюминия:

αк = 102 (Na2O)к/62 (Аl2O3) = 1,645 (Na2О)к/(Аl2О3)

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ЗАДАНИЯ В ТЕСТОВОЙ ФОРМЕ

Выберите правильные ответы

1. Горная порода, состоящая из гидратированных оксидов алюминия, железа, титана и других элементов, называется:

а) корундом; в) бемитом;

б) диаспором; г) бокситом

1. Алюминий в бокситах может присутствовать в форме следующих минералов:

а) диаспора, бемита, гидраргиллита;

б) бемита, гидраргиллита,корунда;

в) гидраргиллита, корунда, диаспора;

г) диаспора, корунда, бемита

1. Содержание Al2O3 в бокситах колеблется в пределах,%:

а) от десятых долей до 25; в) от 35 до 60;

б) от 2 до 40; г) от следов до 11

1. Содержание SiO2 в бокситах колеблется в пределах,%:

а) от десятых долей до 25; в) от 35 до 60;

б) от 2 до 40; г) от следов до 11

1. Содержание Fe2O3 в бокситах колеблется в пределах,%:

а) от десятых долей до 25; в) от 35 до 60;

б) от 2 до 40; г) от следов до 11

1. Содержание TiO2 в бокситах колеблется в пределах,%:

а) от десятых долей до 25; в) от 35 до 60;

б) от 2 до 40; г) от следов до 11

1. Плотность бокситов в зависимости от их пористости колеблется в пределах, кг/см3:

а) 1200 – 1500; в) 3000 – 3500;

б) 2000 – 2500; г) 1200 – 3500

1. Состав минерала нефелина соответствует формуле:

а) K2SO4 ∙ Al2(SO4)3 ∙ 4Al(OH)3; в) Al2O3 ∙ SiO2;

б) (Na, K)2O ∙ Al2O3 ∙ 2SiO2; г) Al2O3 ∙ 2SiO2 ∙ 2Н2О

1. Состав минерала алунита соответствует формуле:

а) K2SO4 ∙ Al2(SO4)3 ∙ 4Al(OH)3; в) Al2O3 ∙ SiO2;

б) (Na, K)2O ∙ Al2O3 ∙ 2SiO2; г) Al2O3 ∙ 2SiO2 ∙ 2Н2О

1. Содержание Al2O3 в алунитовых породах не более,%:

а) 30 … 32; в) 10 … 12;

б) 40 … 42; г) 20 … 22

1. К одноводному типу бокситов относят:

а) корундовые и бемитовые; в) гибситовые и гилраргиллитовые;

б) гилраргиллитовые и диаспоровые; г) диаспоровые и бемитовые

1. К трехводному типу бокситов относят:

а) диаспоровые; в) бемитовые;

б) корундовые; г) гидраргиллитовые

1. К маловодному типу бокситов относят:

а) диаспоровые; в) корундовые;

б) бемитовые; г) гибситовые

1. Все виды гидроксидов алюминия при нагревании до 12000С превращаются в модификацию:

а) α- Al2O3; в) ω- Al2O3;

б) β- Al2O3; г) γ- Al2O3

1. Плотность бокситов колеблется в пределах, г/см3:

а) 1,2 - 3,5; в) 3,5 – 5,3;

б) 2,1 – 5,3; г) 1,2 – 2,1

1. Плотность α- Al2O3 составляет, г/см3:

а) 2; в) 4;

б) 3; г) 5

1. Температура плавления α- Al2O3 составляет, 0С:

а) 2500; в) 3700;

б) 3400; г) 2050

1. Температура кипения α- Al2O3 составляет, 0С:

а) 2050 – 2500; в) 2050 – 3400;

б) 2500 – 3400; г) 3400 – 3700

1. В составе бокситов в виде различных соединений обнаружено следующее количество химических элементов:

а) 12; в) 32;

б) 22; г) 42

1. Показателем качества бокситов является:

а) кремниевый модуль; в) каустический модуль;

б) кремниевое соотношение; г) каустическое соотношение

1. В смешанных бокситах одновременно присутствуют следующие формы гидроокиси алюминия:

а) гиббсит – диаспоровые и диаспор –бемитовые;

б) диаспор – бемитовые и гиббсит – бемитовые;

в) диаспор – гиббситовые и бемит- диаспоровые;

г) диаспор – гиббситовые и бемит – гиббситовые

1. Содержание бемита и диаспора в тригидратных бокситах не должно превышать, %:

а) 5; в) 15;

б) 10; г)20

1. Плотность γ- Al2O3, г/см3:

а) 2,34; в) 4,23;

б) 3,42; г)4,32

1. Кристаллическая решетка глинозема имеет строение:

а) атомное; в) ионное;

б) молекулярное; г) электронное

1. Плотность гиббсита, г/см3:

а) 2,3 – 2,4; в) 2,3 – 3,2;

б) 3,2 – 4, 2; г) 2,4 – 4,2

26. Минералогическая форма безводной окиси алюминия, встречающаяся в горных породах в виде кристаллов -…

а) α- Al2O3; в) γ- Al2O3;

б) β- Al2O3; г) ω- Al2O3

1. Чистый расплавленный глинозем при остывании кристаллизуется в форме - …

а) α- Al2O3; в) β- Al2O3;

б) γ- Al2O3; г) ω- Al2O3

1. Полиморфной модификацией безводной окиси алюминия, образующейся при обезвоживании гиббсита, байерита, бёмита при 400 – 950 0С, является:

а) α- Al2O3; в) β- Al2O3;

б) γ- Al2O3; г) ω- Al2O3

1. Диаспор и бёмит отвечают химическому составу:

а) Al2O3 ∙ Н2О; в) Al2O3 ∙ 2Н2О;

б) Al2O3 ∙ 3Н2О; г) Al2O3 ∙ 4Н2О

1. Диаспор и бёмит отвечают химическому составу:

 а) 2AlООН; в) 4AlООН;

 б) 2Al(ОН)3; г) 4Al(ОН)3

1. Гиббсит отвечает химическому составу:

а) 4Al(ОН)3; в) 2AlООН;

б) 4AlООН; г) 2Al(ОН)3

1. При нагревании до 500 – 550 0С диаспор превращается в глинозем следующей модификации:

а) ω- Al2O3; в) α- Al2O3;

б) γ- Al2O3; г) β- Al2O3

1. К полиморфному α- ряду относятся следующие формы окиси и гидроокиси алюминия:

а) бемит, гидраргиллит; в) диаспор, корунд;

б) гидраргиллит, диаспор; г) корунд, бемит

1. К полиморфному γ - ряду относятся следующие формы окиси и гидроокиси алюминия:

а) бемит, байерит; в) байерит, диаспор;

б) диаспор, гидраргиллит; г) бемит, гидраргиллит

1. Технический глинозем представляет собой смесь следующих модификаций:

а) β и ω; в) β и γ;

б) ω и α; г) α и γ

1. Модификация глинозема, представляющая собой химические соединения Al2O3 с окислами щелочных и щелочноземельных металлов - …

а) α- Al2O3; в) γ- Al2O3;

б) β- Al2O3; г) ω- Al2O3

1. Уравнение Al2O3 ∙ 2Н2О + 35,3 ккал = γ- Al2O3 + Н2О соответствует превращению в безводный глинозем:

а) диаспора; в) бемита;

б) гиббсита; г) гидраргиллита

1. В настоящее время практически весь глинозем получают следующими способами:

а) кислотными; в) комбинированными;

б) щелочными; г) кислотно-щелочными

1. Глинозем растворим в следующих средах:

а) кислых; в) кислых и щелочных;

б) щелочных; г) нейтральных

1. При высоком содержании Fe2O3 в алюминиевых рудах используют следующие способы их переработки:

а) кислотные; в) кислотно-щелочные;

б) щелочные; г) комбинированные

1. При высоком содержании SiO2 в алюминиевых рудах используют следующие способы их переработки:

а) щелочные; в) кислотные;

б) комбинированные; г) кислотно-щелочные

1. Наибольшее распространение в современной алюминиевой промышленности получили следующие способы производства глинозема:

а) комбинированные; в) щелочные;

б) кислотные; г) кислотно-щелочные

1. Способом Байера перерабатывают бокситы:

а) высококачественные с высоким содержанием кремнезема;

б) низкокачественные с низким содержанием глинозема;

в) высококачественные с низким содержанием кремнезема;

г) низкокачественные с высоким содержанием кремнезема

1. Щелочные способы производства глинозема подразделяют на следующие виды:

а) гидротермические, гидрохимические, комбинированные;

б) химические, термические, электрические;

в) электротермические, гидротермические, гидрохимические;

г) гидрохимические, термические, комбинированные

1. К термическим относят следующие способы производства глинозема:

а) щелочного спекания, восстановительная плавка, бесщелочного спекания;

б) гидрохимический, способ Байера, кислотный;

в) комбинированный, кислотный, гидрохимический;

г) способ Байера, восстановительная плавка, гидрохимический

1. Глинозем можно извлекать из руд с помощью следующих веществ:

а) солей и кислот; в) щелочей и солей;

б) кислот и щелочей; г) солей, кислот, щелочей

1. Способы, заключающиеся в обработке алюминиевой руды NaOH, Na2CO3 для связывания глинозема в алюминат натрия, растворимый в воде – это

а) кислотные; в) комбинированные;

б) щелочные; г) кислотно-щелочные

1. Нерастворимый остаток (при переработке бокситов), состоящий в основном из окисей и гидроокисей железа, кремния, титана – это красный

а) шлак; в) штейн;

б) шлам; г) спек

1. Способ, при котором первоначальную обработку боксита осуществляют раствором едкой щелочи:

а) Байера; в) выщелачивания;

б) спекания; г) Мюллера

1. Способ производства глинозема, при котором алюминат получают в твердом виде:

а) декомпозиции; в) спекания;

б) каустификации; г) карбонизации

1. Способ, при котором получают раствор алюминиевой соли (Al2(SO4)3, AlCl3 и др.), из которой выделяют глинозем:

а) щелочной; в) Байера;

б) кислотный; г) спекания

1. Способы, заключающиеся в плавке руды (обычно боксита) с углем в электропечах с целью восстановления примесей и получения расплавленного глинозема:

а) термические; в) электротермические;

б) гидрометаллургические; г) пирометаллургические

1. Для щелочных способов производства глинозема желательно иметь руду с содержанием кремнезема:

а) высоким; в) средним;

б) низким; г) содержание не имеет значения

1. В щелочных способах очистка глинозема от примесей железа и титана проста, т.к. их окислы:

а) не растворимы в щелочных растворах и легко удаляются с твердым остатком;

 б) растворимы в щелочных растворах и легко удаляются с жидким остатком;

в) не растворимы в щелочных растворах и трудно удаляются с твердым остатком;

г) растворимы в щелочных растворах и трудно удаляются с жидким остатком

1. Для переработки кислотными способами применимы алюминиевые руды с содержанием железа:

а) высоким; в) средним;

б) низким; г) содержание не имеет значения

1. При кислотных способах алюминиевую руду обрабатывают растворами кислот:

а) минеральных; в) минеральных или органических;

б) органических; г) тип кислоты не имеет значения

1. Способ Байера относят к следующим способам производства глинозема:

а) кислотным; в) термическим;

б) щелочным; г) электротермическим

**Список рекомендуемой литературы**

1. Ковтун, О. Н. Основы металлургического производства : учеб. пособие / О. Н. Ковтун, Н. В. Марченко. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2021. – 180 c. ISBN 978-5-7638-4374-3. — Текст: электронный. — URL: https://bik.sfu-kras.ru
2. Лысенко, А. П. Комплексное использование сырья и отходов алюминия и магния. Часть 1. Курс лекций: учебное пособие / А. П. Лысенко, Е. С. Кондратьева. — Москва: МИСИС, 2020. — 64 с. — ISBN 978-5-907226-89-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: [https://bik.sfu-kras.ru](https://bik.sfu-kras.ru/)
3. Основы металлургического производства: учеб.-метод. пособие / сост.: О. Н. Ковтун, Л. П. Колмакова, Т. Н. Степанова. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2019. Текст: электронный. — URL: [https://bik.sfu-kras.ru](https://bik.sfu-kras.ru/)
4. Повышение экологической и энергетической эффективности производства алюминия / А.П. Скуратов, С.Г. Шахрай, И.В. Фомичев, А.В. Белянин. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2018.- 180 с. - ISBN 978-5-7638-3922-7. - Текст: электронный. - URL: <https://libproxy.bik.sfu-kras.ru:2083/catalog/product/1031859>
5. Троицкий, И.А. Железнов, В.А. Металлургия алюминия. / И.А. Троицкий — Москва: Издательство «Металлургия», 1977

Интернет-ресурсы:

* 1. Алюминиево-магниевый институт [Сайт]. — URL: <http://www.vami.ru/>;
	2. Современные технологии и научно-технический прогресс: Журнал. – Текст: электронный - URL: http://elibrary.ru