

УДК 661. 862. 222: 66. 022. 311. 2

Механическая активация как способ повышения реакционной способности глинозема и подавления пыления

В.Г. Кулебакин, О.В. Юшкова*

*Сибирский федеральный университет,
Россия 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79¹*

Received 2.12.2011, received in revised form 9.12.2011, accepted 16.12.2011

Изучено влияние механоактивации (МА) глинозема на изменение его физико-механических свойств, структуры и на скорость растворения в расплаве фторидов. Удельная поверхность после МА уменьшается в 10 раз, хотя количество мелких частиц (< 10 мкм) возрастает с 1,7 до 50 – 70 %. Показано, что самопроизвольная агрегация частиц активированного глинозема подавляет (исключает) пыление. Установлено изменение фазового состава – образование рентгеноаморфного глинозема после МА в планетарной мельнице и новой фазы после МА в вибромельнице.

Ключевые слова: механоактивация, рентгеноаморфный глинозем.

Введение

Пыление тонкой фракции (крупностью около 1 мкм) представляет опасность для здоровья окружающих (ПДК пыли глинозема 6 мг/см³). Потери порошкообразного глинозема, поступающего на электролиз, из-за содержания в нем мелкой фракции (-40 мкм) – от 5 до 35 % при транспортировке, обработке и отсосе газов – довольно значительны. За счет пыления при транспортировке теряется более 17 кг глинозема на 1 т алюминия. Около 20 кг/т Al для электролизеров Содерберга и 30 кг/т Al для электролизеров с обожженными анодами уносится в систему газоотсоса и аэрационный фонарь.

При увеличении содержания фракции < 45 мкм от 8 до 28 % потери глинозема при пылении во время загрузки в электролизер Содерберга возрастают с 10 до 189 кг/ т Al. При разрушении корки в электролизере под действием горячих газов и десорбции влаги из более холодных слоев глинозема происходит сильное пыление. Возникающие «гейзеры» или «вулканы» глиноземной пыли уносят глинозем, увеличивая его потери и ухудшая экологическую ситуацию.

Глиноземная пыль с размерами частиц менее 45 мкм ухудшает адсорбционную способность и теплопроводность слоя порошка. Частично осаждаясь на поверхности анода (при концентрации свыше 17 мг/см²), она уменьшает связь между слоями углерода, приводя к расслоению анода [1, 2].

* Corresponding author E-mail address: olga_Yushkova_1954_@mail.ru

¹ © Siberian Federal University. All rights reserved

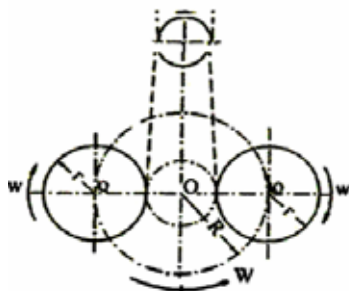


Рис. 1. Принципиальная схема работы планетарной мельницы М-3: R и r – радиусы водила и барабана; W и w – угловые скорости водила и барабана; O и o – центры вращения водила и барабана

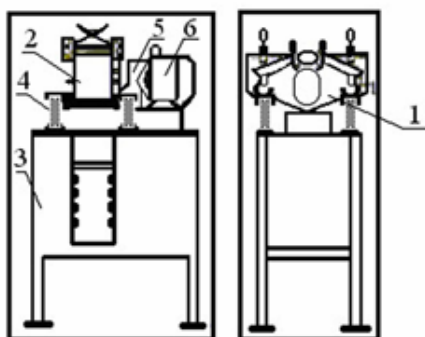


Рис. 2. Принципиальная схема работы вибрационной мельницы СВУ-2: 1 – вибровозбудитель; 2 – камера контейнера; 3 – стол; 4 – опорная пружина; 5 – упругая муфта; 6 – электродвигатель

Частицы с размерами менее 20 мкм являются наиболее «пылящими». Их содержание в глиноземах на зарубежных алюминиевых заводах не превышает 0,5 %.

При исследовании использовали глинозем Николаевского глиноземного комбината марки Г-00 к. Механическую активацию проводили в планетарной мельнице М-3 (рис. 1) и вибрационной мельнице СВУ-2 (рис. 2).

Исследовали влияние различных режимов механической активации (МА) на физико-механические свойства глинозема (гранулометрический состав, фазовый состав, угол естественного откоса, удельная поверхность, структура) [3].

Методы измерений

Измерение физико-механических свойств глинозема проводили согласно стандартным методикам:

- Угол естественного откоса (УЕО) оценивали по ГОСТ 27802-93 (ИСО 902-76) (погрешность не $> 3^\circ$). По этой методике материал с определенной высоты насыпали на горизонтальную поверхность, находили линейный угол у основания конуса, образованного глиноземом.
- Удельную поверхность ($S_{уд}$) измеряли методом низкотемпературной адсорбции газообразного азота на поверхности вещества на «Ареамetre-11».

- Гранулометрический состав глиноземов двух параллельных определениях измеряли на анализаторе частиц «Микросайзер» модели 201 С и ситовым методом (неактивированный продукт).
- Снимки исходных и активированных фракций нефторированного и фторированного глиноземов выполняли на растровом электронном микроскопе «РЭМ-100» (рис. 4), а при определении УЕО – цифровым фотоаппаратом (рис. 3).
- Рентгенофазовый анализ (РФА) проводили с использованием рентгеновского дифрактометра марки «ДРОН-3» на медном (Cu K α) излучении. С помощью РФА на различных приборах установили аморфизацию кристаллической решетки [4].

Результаты и их обсуждение

При определении физико-механических свойств глинозема после МА установлено уменьшение пыления. Это хорошо видно при измерении УЕО и насыпной плотности, когда при свободном падении глинозем не пылит, а прилипает к поверхности столика (рис. 3). Угол естественного откоса глинозема после МА увеличивается с 33 до 45 градусов. Если при высыпании неактивированного глинозема в воронку прибора для определения УЕО он формируется в строгой конусообразной форме, то в случае активированного его самопроизвольно сгранулированная, более рыхлая масса разбрасывается по значительно большей площади, что очевидно из сравнения рисунков 3а и 3б.

Гранулометрический состав: содержание самой мелкой фракции с размером частиц менее 10 мкм в исходном состоянии 1,7 %, после МА продолжительностью 5 с достигает 54,5 % (табл. 1).

Причиной резкого уменьшения $S_{уд}$ глинозема (табл. 2) после МА 5 с является самопроизвольное гранулирование его активированных частиц, которые приобрели повышенную реакционную способность.

МА глинозема заметно изменяет форму его частиц (рис. 4).

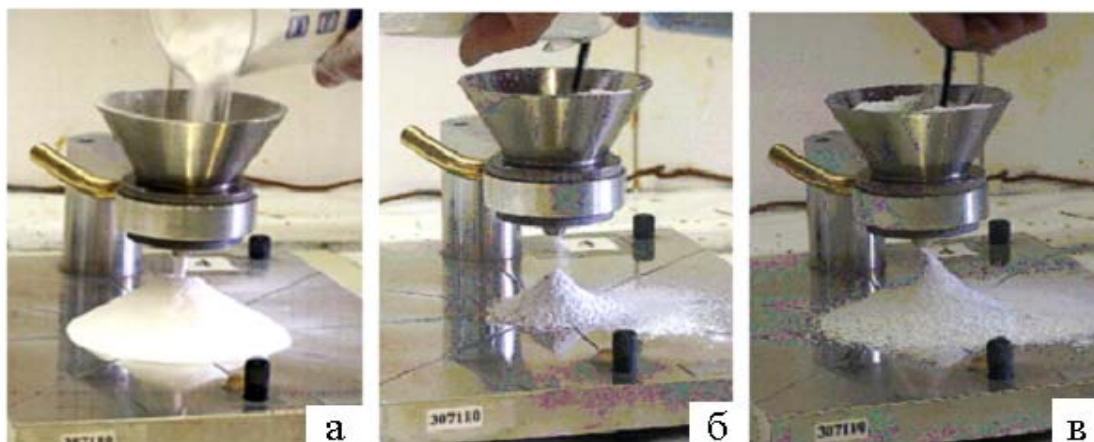


Рис. 3. Внешний вид глинозема при определении угла естественного откоса (процесс насыпания): а – неактивированного; б и в – активированного в планетарной мельнице М-3: б – начало насыпания; в – окончание насыпания

Таблица 1. Результаты опытов по изучению влияния $\tau_{МА}$ глинозема в М-3 (навеска 10 г, мелющие тела 1000 г, режим сухой) на его гранулометрический состав

$\tau_{МА}, с$	Фракция, мкм										
	<10	10-20	20-32	32-45	45-63	63-80	80-100	100-125	125-150	150-200	200-250
0	1,7	1,8	5,6	13,0	22,4	17,0	14,5	11,6	6,3	4,8	1,3
5	54,5	19,6	15,8	6,5	3,0	0,6	0	0	0	0	0
10	60,8	18,9	12,7	3,8	2,5	0,9	0,4	0	0	0	0

Таблица 2. Результаты опытов по изучению влияния $\tau_{МА}$ глинозема в М-3 (навеска 10 г, мелющие тела 1000 г, режим сухой) на его удельную поверхность ($S_{уд}$)

$\tau_{МА}, с$	$S_{уд}, м^2/г$	$\tau_{МА}, с$	$S_{уд}, м^2/г$	$\tau_{МА}, с$	$S_{уд}, м^2/г$	$\tau_{МА}, с$	$\tau_{МА}, с$
0	69	20	51	50	33	180	9
5	50	30	33	60	23	240	7
10	59	40	39	120	10	300	6

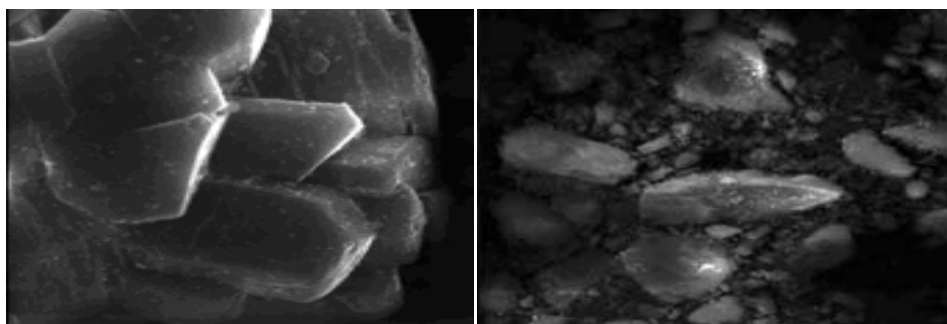


Рис. 4. Микрофотографии глинозема: слева – исходного; справа – активированного в М-3 в сухом режиме в воздушной среде в течение 10 с х 3000

Если в исходной фракции они близки по размерам и по своей геометрии достаточно ограничены, то в активированной имеют значительный разброс по крупности, овализированы и собраны в агрегаты.

Даже при большом увеличении прекрасно видно, как мелкие частички приближены к крупным и собраны в агрегаты.

По результатам РФА исходный нефторированный глинозем (НГ) состоит из модификаций Al_2O_3 : преобладающей тетрагональной ($\delta-Al_2O_3$), а также кубической ($\gamma-Al_2O_3$) (ее рефлексы совпадают с таковыми $\delta-Al_2O_3$) и ромбоэдрической ($\alpha-Al_2O_3$). В результате МА в М-3 интенсивность большинства рефлексов на дифрактограмме, особенно самого сильного с $d = 0,1390$ нм, стала меньше. Уменьшение величины рефлекса связано с аморфизацией. На рентгенограмме глинозема, активированного в СВУ-2 в течение 5 мин, зафиксированы некоторые изменения

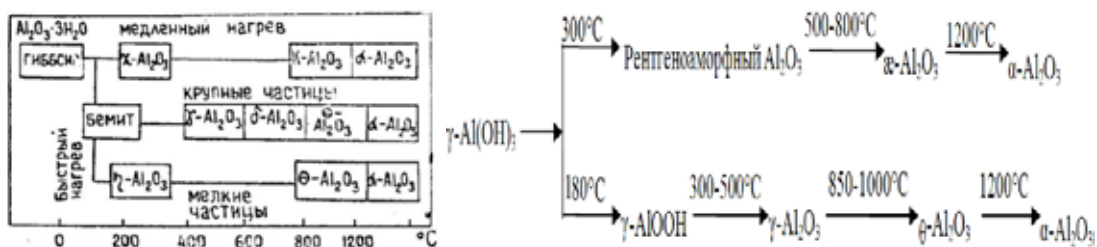


Рис. 5. Переходные формы, образующиеся при кальцинации гидроксида алюминия

фазового состава. Наряду с уже идентифицированными фазами Al₂O₃ появились рефлексы **новой фазы** (ASTM, 34-0493 – χ -Al₂O₃) с $d = 0,139; 0,240$ нм. На рис. 5. представлены переходные формы, образованные при получении глинозема.

Заключение

Таким образом, уменьшение показателя удельной поверхности как следствие агрегации частиц глинозема после МА, аморфизация кристаллов по результатам РФА, фотографии, выполненные на электронном микроскопе, подтверждающие самопроизвольное гранулирование глинозема. Это позволяет частичкам активированного глинозема не разлетаться в окружающую среду, а собираться в агрегаты и участвовать в технологическом процессе.

МА твердых тел изменяет структуру, фазовый состав, размер частиц, увеличивая их реакционную способность и, по-видимому, позволит изменить технологию питания глиноземом алюминиевых электролизеров.

Список литературы

- [1] *Беляев А.И.* Металлургия легких металлов. М.: Metallurgy, 1970. 366 с.
- [2] *Исаева Л.А., Поляков П. В.* Глинозем в производстве алюминия электролизом. Красноярский: БАЗ, 2000. 199 с.
- [3] *Юшкова О.В., Кулебакин В.Г., Поляков П.В.* // Форум: Нефть. Газ. Геология – 2007: Материалы межрегиональной научно-практической конференции. Томск: 2007. С. 357.
- [4] *Юшкова О.В., Кулебакин В.Г., Поляков П.В.* // Материалы 6-й международной научно-практической конференции. Новосибирск, 2008. С. 148.

Mechanical Activation as a Method of Increasing Alumina Raaching Copacity and Sippressing Dusting

Viktor G. Kulebakin and **Olga V. Yushkova**

*Siberian Federal University,
79 Svobodny, Krasnoyarsk, 660041 Russia*

The effect of mechanical activation (MA) of alumina on its physical and mechanical properties, structure, and the dissolution rate in molten fluorides has been studied . The specific surface area decreased after MA by 10 times, although the amount of fine particles (<10 microns) rises from 1.7 to 50 – 70 %. It was shown that spontaneous aggregation of particles of activated alumina suppress dusting. Change the phase composition the formation of X-ray amorphous alumina after MA in a planetary mill and a new phase appearance after MA in a vibrating mill has been established.

Keywords: mechanical activation, X-ray amorphous alumina.
