

да. Разрабатываемая система может комплектоваться в различных вариантах, что делает ее гибкой и удовлетворяющей различным потребностям.

ОПТИМАЛЬНОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВАТЕЛЯ ДЛЯ НАГРЕВА МАТЕРИАЛЬНОГО ЦИЛИНДРА

Сорокин А.Г.

Самарский государственный технический университет, филиал в Сызрани, Сызрань

Оптимальное управление, индукционным нагревом тесно связано с задачей оптимального проектирования и проектирования технологического объекта. Выбор конструкции индукционного нагревателя рассматривается как первый этап в решении общей задачи создания системы индукционной выплавки тротила.

Важное место занимают вопросы оптимального проектирования и в области разработки устройств индукционного нагрева металла. Постановка задач оптимального проектирования индукционных нагревательных установок и методы их решения также весьма обширны. В одном случае алгоритмы, а, следовательно, и результаты оптимизации опираются только на предшествующий опыт и не содержат в строгой форме ни одного критерия оптимальности, в другом используется строгая математическая постановка задачи оптимального проектирования и точный метод ее решения.

При оптимальном проектировании предполагается наличие формализованных критериев оптимизации и математических моделей проектируемых устройств. Наиболее общим критерием оптимизации является технико-экономический критерий эффективности всей проектируемой системы. Обобщенный критерий в большинстве случаев включает в себя ряд частных критериев, поэтому задача оптимального проектирования является задачей многокритериальной оптимизации. Частные критерии обычно отражают процессы различной физической природы, протекающие в системе, и являются несоизмеримыми. Важно среди частных критериев выделить наиболее существенные. В этом случае можно, проводя последовательно по степени их значимости оптимизацию и используя, например, метод последовательных уступок, найти значение параметров проектируемой системы, которые удовлетворяли бы всем частным критериям. Другой подход позволяет значительно упростить решение задачи. Он заключается в том, что выбирается единственный преобладающий критерий, по которому производится оптимизация, а остальные конкурирующие показатели превращаются в ограничения.

При индукционном нагреве цилиндра пластикации в качестве важнейшего используется критерий, который обеспечивает получение требуемой температуры по длине цилиндра в заданных пределах.

При решении задач оптимального проектирования индукционного нагрева к температурному распределению предъявляются вполне определенные требования по точности достижения заданного рас-

пределения. Задача оптимизации режимов индукционного нагрева становится корректной лишь при задании допустимой области конечных состояний объекта, отвечающей требуемой точности нагрева.

Для решения задачи оптимального проектирования разработана методика оптимизации. В основу положена процедура зондирования пространства параметров проектируемой индукционной нагревательной установки с применением так называемых ЛПТ - последовательностей, которые обладают наилучшими характеристиками равномерности среди всех известных в настоящее время равномерно распределенных последовательностей.

Использование в качестве регулируемых параметров, пространственно-временной функции распределения мощности источников внутреннего тепловыделения позволяет повысить эффективности работы индукционной нагревательной установки для нагрева материального цилиндра.

МЕХАНОХИМИЧЕСКАЯ АКТИВАЦИЯ Al_2O_3 И ЕГО РАСТВОРЕНИЕ В ЭЛЕКТРОЛИТЕ

Юшкова О.В., Кулебакин В.Г.,

Поляков П.В., Белянин А.В.

Институт химии и химической технологии СО РАН, Красноярск,

ОАО «Саяногорский алюминиевый завод», Саяногорск, Хакасия

Из более чем 200 минералов, в состав которых входит алюминий, гидроксидов или алюмосиликатов Na, K и Ca, оксидов, на долю последних приходится почти четвертая часть. Главная масса этого элемента сосредоточена в алюмосиликатах – глине - $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$, боксите - $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$, корунде - Al_2O_3 и криолите - $AlF_3 \cdot 3NaF$.

В производстве алюминия, основным сырьем для получения которого является глинозем - Al_2O_3 , наиболее широко применяемой технологией является электролитическая [1]. Она включает растворение глинозёма с образованием оксифторидных комплексов в электролите. Ионы алюминия (обычно AlF_4^-) на катоде восстанавливаются до жидкого металла, а анион $Al_2OF_6^{2-}$, окисляясь на угольном аноде, образует в качестве одного из продуктов CO_2 . Нерастворенный (не успевший раствориться) глинозем в виде осадка может выпадать на подину электролизера. Это приводит к значительному увеличению напряжения и снижению выхода по току. Повышение скорости растворения глинозема весьма актуально.

Еще в двадцатые годы XX столетия при изучении реакционной способности кристаллических веществ после их механической обработки, по интенсивности приближающейся к тонкодисперсному измельчению, обнаружено, что из выделяемой при этом энергии 90-95% переходит в тепловую, а 5-10% идет на увеличение запаса энергии твердых тел, что проявляется в ускорении их растворения [2], а в приконтактных областях образуются поля напряжений, релаксация которых происходит с образованием новой поверхности и различных дефектов в кристаллах и с возбуждением химических реакций в твердой фазе [3]. Опи-

санные эффекты зависят от интенсивности механохимического воздействия, физико-химических свойств твердых тел, в т.ч. от типа их кристаллической решетки, способности к деформации. Корреляции между состоянием структуры (аморфизованностью, разупорядоченностью) минерала и его реакционной способностью в различных процессах – растворения, выщелачивания, спекания, обжига, сорбции и т.п. несомненна. Она имеет место и в тех случаях, когда удельная поверхность активированных продуктов хотя и уменьшается за счёт повышенной поверхностной активности их частиц, но их растворимость возрастает [2].

Влияние высокоэнергонапряженных воздействий, в т.ч. механохимической активации (МА), а также добавок (например, гексаметафосфата натрия), на некоторые физико-химические свойства глинозема, в т.ч. его α -фазы, в частности поверхностные, вязкостные и другие ранее уже исследовалось [2-12]. По [2-3] при МА всухую на поверхности его зерен образуются дефектные структуры в виде микрокристаллитов Al_2O_3 , что подтверждается уменьшением размеров ОКР, увеличением относительных размеров микроискажений кристаллической решетки и ростом концентрации поверхностных дислокаций. При этом высокоаморфизованный слой на поверхности активированного $\alpha-Al_2O_3$, как обладающий повышенной реакционной способностью, эффективно взаимодействует как с твердыми, так и жидкими веществами. Это очевидно из существенного повышения степени как гидратации поверхности, так и фазовых превращений при прокаливании при температуре $1200^\circ C$.

Ранее нами найдены критерии эффективности МА на примерах многих сульфидных минералов, алюмосиликатов, оксидов и некоторых других [13-16]. В частности, отмечалось такое, казалось бы аномальное явление, как уменьшение удельной поверхности активированных фракций при их повышенной реакционной способности по другим параметрам. Однако, если на это посмотреть с точки зрения того, что частицы последних обладают повышенными поверхностной активностью и адгезией, то это можно оценивать как еще одно подтверждение эффективности МА, что согласуется и с [17].

Актуальность решаемой нами проблемы очевидна из того, что потери порошкообразного глинозема, поступающего на электролиз, из-за содержания в нем от 5 до 35% мелкой фракции (-40 мкм) при транспортировке, обработке электролизеров и отсосе газов [18] довольно значительны. При этом его текучесть недостаточна. Кроме того, реакционная способность такого глинозема меньше теоретически возможной, в результате чего в процессе электролиза он растворяется неполностью или недостаточно быстро.

В то же время очевидно, что скорость растворения глинозема зависит от структуры его порошкообразных частиц не только в поверхностном, но и внутренних слоях, количества дислокаций в них, степени аморфизованности (разрушенности кристаллической структуры), метастабильности, поверхностной активности, количества наноразмерных составляющих и т.п.

Хотя из краткого приведенного обзора очевидна роль МА в повышении реакционной способности глинозема, однако данные о растворимости Al_2O_3 в электролите (криолите) в температурном интервале $960-980^\circ C$, с которым в промышленных электролизерах он взаимодействует, в доступной нам литературе отсутствуют. Это и явилось мотивом для выполнения настоящей работы.

Ранее нами показано, что МА глинозема, содержащих до 28% Al_2O_3 , позволяет существенно уменьшить температурные интервалы их кристобалитизации и муллитизации, что важно для повышения качества керамики и шамотных огнеупоров [16].

Подготовка материалов и методы исследований.

Гранулометрический состав (в микрометрах) глинозема Николаевского глиноземного комбината марки «Г-ООК», определенный с использованием различных методов, был следующим:

- по «Микросайзеру»: (+150) – 5,8; (+125) – 11,8; (+45) – 23,1; (+32) – 36,1; (-32) – 9,5; (+20) – 3,3; (-20) – 5,8%;

- по ситовому анализу: (+45) – 64; (-45) – 35%.

Угол его естественного откоса составлял 32° , удельная поверхность – 69 м²/г; содержание α -фазы – 2,2%; насыпная плотность – $1,1$ г/см³. По результатам химического анализа в пробе содержалось, %: SiO_2 – 0,015; Fe_2O_3 – 0,017; P_2O_5 < 0,001; Na_2O – 0,30; K_2O < 0,01; H_2O – около 1; п.п. – 0,57. Остальное приходилось на Al_2O_3 .

Глинозём активировали в сухом режиме в мельницах:

- планетарной периодического действия марки М-3 конструкции С.И. Голосова [19] в течение 5; 10; 20; 30; 40; 50; 60; 120; 180; 240 и 300 с. Масса активируемого материала составляла 10 г, мелющих тел из стальной шарикоподшипниковой дроби диаметром 3 мм – 1000 г.

- вибрационной периодического действия марки СВУ-2, разработанной А.В. Ковшиком [20], в течение 5; 10 и 15 мин. Масса активируемого материала составляла 200 г, мелющих тел в виде стальных цилиндров – 14,4 кг.

Рентгенофазовый анализ (РФА) выполняли на рентгеновском дифрактометре марки «ДРОН-3» на Си-излучении при напряжении 31 мВ и силе тока 31 мА со скоростью записи на диаграммной ленте 2 градуса в минуту. Рентгенограммы рассчитывали по [21], а расшифровывали по [22].

Удельную поверхность исходной и активированных фракций измеряли методом БЭТ [23]. Взаимодействие глинозема с электролитом промышленных электролизёров (при криолитовом отношении 2.32) исследовали в лабораторной муфельной печи при температуре $960-980^\circ C$, являющейся рабочей температурой в технологии получения алюминия. Криолитовое отношение определяли с использованием разработанных нами стандартных образцов предприятия (СОП) и ОСО 010-87 [24]. Съёмку процесса высыпания глинозема при определении угла естественного

откоса и его растворения в электролите выполняли посредством цифрового фотоаппарата.

Результаты и обсуждение

Рентгенографические характеристики. По результатам РФА исходная проба глинозема состоит из трех модификаций Al_2O_3 – тетрагональной ($\delta-Al_2O_3$), преобладающей (ASTM, 46-1131) с межплоскостными расстояниями (d), равными 0,1391; 0,1396; 0,1987 и 0,273 нм. Рефлексы на дифрактограмме широкие. На них накладываются линии других фаз: кубической модификации (ASTM, 29-63 - $\gamma-Al_2O_3$ и 29-1486 – также $\gamma-Al_2O_3$) с $d = 0,140$; 0,198 и 0,239 нм и ромбоэдрической (корунда – ASTM, 10-173 - Al_2O_3) с основными рефлексами с $d = 0,209$; 0,255 и 0,160 нм.

После обработки пробы в М-3 в интервале времени от 5 с до 5 мин интенсивность всех рефлексов на дифрактограмме стала несколько меньшей. Граница наложения кубической модификации на тетрагональную сгладилась.

На рентгенограмме пробы глинозема, активированного в вибрационной мельнице в течение 5 мин, зафиксированы некоторые изменения состава. Наряду

с уже идентифицированными фазами Al_2O_3 появились рефлексы новой (ASTM, 34-493 - $\xi-Al_2O_3$) с $d = 0,139$ – 0,240; 0,211; и 0,1507 нм. Линии кубической модификации корунда (ASTM, 10-173) стали более четкими, а соотношение этой фазы к основной увеличилось. После 15 мин МА также отмечаются некоторые структурные изменения – кубическая модификация разрушается окончательно, но появилась ромбоэдрическая ASTM (46-1212 - $\alpha-Al_2O_3$) с $d = 0,255$; 0,1601 и 0,285 нм. Рефлексы стали менее широкие, наложение их от разных фаз более выраженное, а интенсивность несколько больше, чем при обработке в планетарной мельнице.

Удельная поверхность глинозема по мере увеличения длительности МА в планетарной мельнице М-3 в основном имеет тенденцию к уменьшению (таблица). По причине самопроизвольного агрегирования активированных частиц в течение 1-й минуты она уменьшается втрое, а в интервале от 1 до 2 мин – еще в 2,3 раза. Дальнейшее повышение времени МА к существенному сдвигу этого показателя не приводит.

Таблица 1. Динамика изменения удельной поверхности ($S_{уд.}$) глинозема в процессе МА в планетарной мельнице М-3 в сухом режиме, м²/г

Время МА, с	$S_{уд.}$	Время МА, с	$S_{уд.}$
0	69	50	33
5	50	60	23
10	59	120	10
20	51	180	9
30	33	240	7
40	39	300	6

О растворении активированного глинозема в электролите. Обращает внимание существенное визуальное отличие внешнего вида глинозема, активированного в планетарной мельнице, от исходного. Если при высыпании неактивированного продукта его порошкообразная масса, состоящая из одинаковых по геометрии частиц, формируется в строгой конусообразной форме, то этого нельзя сказать об активированном материале, представляющем из себя сгранулированную и более рыхлую массу, разбросанную по значительно большей площади.

По-разному проявляют себя сравниваемые фракции и в расплаве электролита при взаимодействии с ним от 5 до 11 мин при температуре 960-980°C. Заметная часть неактивированного глинозема в нерастворенном виде все еще остается на дне платинового тигля, в то время как активированный в планетарной мельнице в течение всего 10 с, практически полностью растворяется за первые 5 мин.

Таким образом, на основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что МА глинозема даже в течение незначительного времени приводит его в повышенное реакционное состояние, что проявляется:

- в аморфизации его кристаллической структуры,
- самопроизвольном агрегировании активированных частиц за счет повышенной поверхностной активности,

- в повышении скорости растворения в криолите при температуре 960-980°C, принятой в технологии электролиза алюминия.

Повышение скорости растворения глинозема в электролите позволит исключить осадки его нерастворенной части на подине (увеличит выход по току, а, следовательно, и металла), улучшить экологическую ситуацию в производстве алюминия. В заводских условиях глинозём видимо целесообразно подвергать механохимической активации после его газоочистки.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на оптимизацию МА глинозема, поиск и выбор эффективных, достаточно производительных аппаратов для ее осуществления, отработку методики количественного определения растворенной части Al_2O_3 при его взаимодействии с расплавом электролита.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляев А.И. Металлургия легких металлов. М.: Metallurgizdat, 1962.-285 с.
2. Медведев А.С., Коршунов В.Г. Цв. металлы. 1993. № 9. – С.10-19.
3. Болдырев В.В. Механохимический синтез в неорганической химии. Сб. науч. тр. Новосибирск: Наука. СО, 1991. – С. 5-32.
4. Ильин А.П., Широков Ю.Г., Прокофьев В.Ю. Неорг. материалы. - 1995. - Т. 31.- № 7. – С. 933-936.

5. Ильин А.П. и др. Тез. докл. XI Всес. симп. по механохимии и механоэмиссии твердых тел. Чернигов, 1990. - Т.2. - С.12-13.
6. Трофимов А.Н. и др. Изучение закономерностей процессов измельчения и механоактивации технического глинозема при приготовлении носителей и катализаторов на его основе //Иваново, 1990. - 11 с. - Деп. в ОНИИТЭХИМ г. Черкассы 30.05.90. № 407-хп 90.
7. Papirer E. et al. //J. of Colloid a. Interface Science.-1993.-V.156, N 1. - P.104-108.
8. Ильин А.П., Прокофьев В.Ю., Новиков Е.Н. //Материалы комплекса научных и научно-технических мероприятий стран СНГ: конф., семинар, шк., выставка. Одесса, сент. 1993. - (Одесса, 1993). - С. 304.
9. Vlasova M.V. et. al. Science of Sintering. - 1993. - V. 25, N 3. - P. 117-134.
10. Okamoto H. Pat. 89-153516 Japan, МКИ С 01 F 7/02. - № 87-312337; заявл. 11.12.87; опубл. 15.06.89.
11. Matsumoto K. et al. Funtai Kogaku Kaishi - J. of the Soc. Powder Technology of Japan. - 1992. - V. 29, N 8. - P. 593-597.
12. Трофимов А.Н., Ильин А.П., Широков Ю.Г. Технология сыпучих материалов: Всес. конф. Тез. докл. Т.2. Ярославль, 1989. - С. 118-119.
13. Кулебакин В.Г. Бактериальное выщелачивание сульфидных минералов. Новосибирск: Наука СО АН, 1978. - 262 с.
14. Кулебакин В.Г. Превращения сульфидов при активировании. Новосибирск: Наука СО АН, 1983. - 209 с.
15. Кулебакин В.Г. Применение механохимии в гидрометаллургических процессах. Новосибирск: Наука СО АН, 1988. - 263 с.
16. Кулебакин В.Г. и др. Активация вскрытия минерального сырья. Новосибирск: Наука СО АН, 1999. - 264 с.
17. Душкин А.В., Болдырев В.В. //Межд. симп. по механохимии, Ташкент, 1995: Тез. докл. - С. 22.
18. Минцис М.Я., Поляков П.В., Сиразутдинов Г.А. Электрометаллургия алюминия. Новосибирск: Наука, 2001. - 368 с.
19. Голосов С.И. //Механохимические явления при сверхтонком измельчении. - Новосибирск, 1971. - С.23-40 (сб. науч. тр. Института геологии и геофизики СО АН СССР).
20. Ковшик А.В. //Материалы 2-й нац. конф. «Наука производству: развитие прикладных исследований и внедрение их в производство в современных условиях». Алма-Аты. - 2003. - С.132-138.
21. Гиллер Я.Л. Таблицы межплоскостных расстояний. - М.: Недра, 1966. - Т.2. - 360 с. (никелевый, медный, молибденовый и серебряный аноды).
22. ASTM. Diffraction data cards and alphabetical and grouped numerical index of X-ray diffraction data. - Philadelphia, 1946-1985.
23. Буянова Н.Е., Карнаухова А.П. Определение удельной поверхности твердых тел хроматографическим методом тепловой десорбции аргона. - Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1965. - 61 с.
24. Юшкова О.В. Проблема создания ОСО для контроля электролита алюминиевых электролизёров //Алюминий Сибири, Красноярск, 2000. - С.222.

Образовательные технологии

ЭЛЕКТРОННЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ КАБИНЕТ

Кендиван О.Д.-С.

*Тувинский государственный институт
переподготовки и повышения квалификации кадров
Правительства Республики Тыва,
Кызыл, Республика Тыва*

Важным звеном в подготовке и повышении квалификации кадров сегодня становится методическая служба, поскольку успех инновационной деятельности образовательных учреждений во многом зависит от уровня овладения учителями методами научно-методической и опытно-экспериментальной работы. Поэтому возникла необходимость создания при институте научно-методической службы с привлечением опытных педагогов высшей категории. Для оказания оперативной методической помощи молодым учителям были приглашены педагоги высшей квалификационной категории. Разработано их нормативно-правовое статусное положение, определены и нормативно закреплены их права и обязанности. Основная их деятельность сводится к следующим аспектам: помощь учителям в разработке программ, технологий обучения отдельных учащихся с учетом профиля школы; разработка и конструирование дидактическо-

го материала совместно с учителями; разработка контрольных работ; сотрудничество с учителями – исследователями, помощь в разработке и экспериментальной проверке программ для дополнительного образования школьников; содействие в обобщении опыта учителей республики. Для информационной поддержки научно-методической работы был создан электронный методический кабинет. В электронном методическом кабинете процесс накопления информации организован с помощью компьютерной техники. Вся информация (нормативная, методическая и др.) представлена в электронном варианте для оперативного доступа к нужной информации. Работа педагогов в электронном методическом кабинете позволит значительно снизить время поиска:

- нормативной документации;
- учебно-методической документации;
- справочной и другой научно-методической информации.

Найдя нужный документ, педагоги могут воспользоваться им как в электронном, так и традиционном бумажном виде, выведя его при необходимости на печать. Основные разделы электронного кабинета: «Нормативные документы по общему образованию»; «Единый государственный экзамен»; «В помощь педагогу»; «Фрагменты образовательного Интернета