

Исследование показало, что адсорбционная способность алюмооксидного волокнистого материала по отношению к жидкостям, которая оценивалась по привесу после пропитки (равновесное насыщение происходило за 15 минут), составляла для различных растворов 1100-1300%. Скорость поглощения растворов пористым алюмооксидным материалом была в 2 раза выше, а количество поглощенной жидкости – в 1,8-2,2 раза больше по сравнению с марлевыми тампонами.

Из нетканого алюмооксидного материала с использованием сетчатой целлюлозной оболочки были изготовлены опытные образцы дренажей, которые прошли полный комплекс медико-биологических испытаний, выполненных по стандартным методикам Всемирной организации здравоохранения. Проведенные исследования подтвердили нетоксичность материала, отсутствие аллергенного и канцерогенного воздействия на мягкие ткани животных. Медико-биологические испытания, проведенные на различных лабораторных животных, показали высокую биосовместимость пористого материала на основе волокон оксида алюминия. Он также прошел технические испытания в Республиканском центре стандартизации и метрологии, на материал разработаны технические условия и получено разрешение на проведение клинических испытаний в лечебных учреждениях Беларуси.

Выводы

Синтезированный волокнистый нанопористый материал оксида алюминия состоит из многочисленных моноволокон, включающих наноразмерные зерна оксидов и мезопоры. Он обладает развитой поверхностью, многоуровневой пористостью (от микропор до капилляров), высокой адсорбционной способностью и биосовместимостью с тканями человека. Предложенный функциональный материал может использоваться в качестве активного адсорбента в медицине.

УДК 666.613:666.738

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПЛОТНОСПЕКШИХСЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Ю.А. Климош

Учреждение образования “Белорусский государственный технологический университет”, г. Минск, keramika@bstu.unibel.by

Peculiarities of structure formation and phase composition of high fired stoneware of household assignment obtained on the basis of clay raw materials of Belarus, complex flux and thinning agent at low-temperature modes of firing (1000-1050 °C) has been established.

Плотнospекшающаяся керамика, как материал для производства хозяйственной керамической посуды (штофы для розлива алкогольных напитков, вазы, чайные и кофейные сервизы и др.), благодаря газо- и водонепроницаемости, высокой термостойкости и устойчивости к воздействию агрессивных сред, получает все более широкое распространение на мировом рынке.

До настоящего времени в Беларуси производство таких изделий осуществляется малыми сериями, однако существует реальная возможность их выпуска в более большом объеме в связи с наличием производственных мощностей и необходимого

технологического оборудования, а также спросом на данную продукцию, как на внутреннем, так и зарубежном рынках.

Следует отметить, что при производстве данного вида керамических изделий из местных легкоплавких глин возникает ряд трудностей, обусловленных узким интервалом спекания масс и повышенными значениями водопоглощения изделий.

Целью данных исследований являлось изучение особенностей формирования структуры и фазового состава плотносспекшихся керамических масс хозяйственного назначения на основе местного глинистого сырья с целью выявления оптимальных режимов термообработки, обеспечивающих получение качественных плотносспекшихся изделий с высокими физико-химическими свойствами.

Объектом исследования послужили керамические массы, где в качестве пластичного компонента использовались глины легкоплавкие "Гайдуковка" Минской области, "Лукомль" Витебской области, а также небольшая (10%)* добавка огнеупорной глины Латненского месторождения (Россия). В качестве флюсующих компонентов использовался комбинированный плавень, содержащий оксиды щелочных и щелочноземельных металлов. Составляющими комбинированного плавня в данной работе были нефелин-сиенит в сочетании со стеклофриттой – специально синтезированное бороалюмосиликатное стекло. Соотношение плавней варьировалось таким образом, чтобы их общее количество в массах по экономическим соображениям не превышало 30%.

Приготовление опытных масс производили мокрым помолом составляющих до тонины, обеспечивающей остаток на сите № 0063 в количестве 1,5-2%. Относительная влажность шликера после помола – 42-45%. Для улучшения реологических свойств шликера нами использовались широко известные в промышленности электролиты (разжижающие добавки) – кальцинированная сода (Na_2CO_3), жидкое стекло ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,8\text{SiO}_2$), триполифосфат натрия ($\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_{10}$), углещелочной реагент (УЩР) – щелочные гуматы, представляющие собой соли ароматических оксикарбоновых кислот, содержащие карбоксильные карбонильные и метаксильные группы. Электролиты вводились в массу сверх 100% при помоле как раздельно, так и комплексно.

В результате экспериментальных исследований установлено, что применение индивидуальных разжижающих добавок в шликерах на основе полиминеральных глин Белоруссии малоэффективно. Вероятно, это связано с тем, что исследуемый шликер является многокомпонентной системой, и в связи с этим, более эффективно использование комплексных электролитов. Максимальное разжижающее действие керамической суспензии достигается при совместном действии комбинации электролитов (0,2% Na_2CO_3 + 0,15% $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,8\text{SiO}_2$ + 0,05% $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_{10}$ + 0,03% УЩР), что, вероятно, обусловлено параллельным протеканием в системе двух процессов – катионного обмена и физической адсорбции анионов. Использование оптимального количества и соотношения электролитов способствует дополнительному электростатическому отталкиванию, а также возникновению эффекта синергизма (усиление действия компонентов при их совместном воздействии) [1, 2].

Литье изделий производили в гипсовые формы сливным способом. Сушку полуфабриката осуществляли в естественных условиях до остаточной влажности не более 0,5%. С целью изучения особенностей формирования структуры и фазового состава изделий высушенные образцы обжигали в электрических печах периоди-

* здесь и далее по тексту содержание дано в массовых процентах

ческого действия в широком интервале температур – 600-1050 °С. Выдержка при конечной температуре составляла 1 ч.

В результате проведенных исследований установлено, что наиболее важными факторами, влияющими на процессы формирования плотноспекшейся структуры изделий, являются условия спекания керамических масс – температура обжига и продолжительность изотермической выдержки. Также определяющее значение на степень спекания и соответственно показатели физико-химических свойств материалов оказывает количество и вязкость стекловидной фазы, а также фазовый состав.

Установлено, что лучшие физико-химические свойства имеют изделия, обожженные в интервале температур 1000-1050 °С. Так, водопоглощение у образцов оптимальных составов, обожженных в данном температурном интервале с выдержкой при максимальной температуре 1 ч, находилось в пределах до 5 %, кажущаяся плотность – 2280-2450 кг/м³, открытая пористость – 1,4-9 %, общая усадка – 3-8%, температурный коэффициент линейного расширения – $(63-66) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$. Область составов керамических масс, характеризующихся минимальными значениями водопоглощения и максимальной плотностью, включает 10-15% стеклофритты. Это связано с тем, что в массах, содержащих 10-15% бороалюмосиликатного стекла, помимо оксидов щелочных и щелочноземельных металлов на увеличение образования жидкой фазы оказывало существенное влияние наличие В₂О₅, содержание которого в данном материале составляет 17,8%, что в свою очередь и улучшает спекаемость масс.

Термический анализ шихт керамических масс показал, что при нагревании в них протекают процессы разложения и фазообразования, в целом закономерные для масс на основе полиминеральных глин. Незначительные сдвиги максимумов экзо- и эндотермических эффектов в ту или иную область температур можно объяснить некоторым изменением количественного отношения основных глинообразующих минералов – каолинита и монтмориллонита, а также изменением количества комплексного плавня в составах масс.

На основании проведенного термического анализа установлено, что наиболее рациональным режимом обжига изделий является процесс с изотермическими выдержками при температуре 850-900 °С в течение 30-35 мин. По нашему мнению это обеспечивает полное завершение процессов газовыделения, связанных с разложением карбонатных составляющих масс и образованием необходимого количества стекловидной фазы.

Фазовый состав опытных образцов, обожженных в интервале 600-1050 °С с выдержкой при максимальной температуре 60 мин, приведен на рис. 1.

Как видно из рис. 1, в интервале температур 600-800 °С наиболее интенсивные дифракционные максимумы принадлежат α-кварцу, гематиту, каолиниту, гидрослюде и кальциту. Интенсивность пиков α-кварца в интервале температур 700-1050 °С с увеличением температуры термообработки образцов начинала неизменно снижаться. Это можно объяснить увеличением количества стекловидной фазы, в которой с повышением температуры происходит более интенсивное растворение кремнезема, а также образование новых кристаллических фаз с участием SiO₂. Интенсивность дифракционных максимумов каолинита, кальцита, иллита в интервале температур 600-800 °С снижается и при температуре выше 800 °С происходит полное разложение и растворение их в расплаве. Интенсивность дифракционных максимумов гематита хоть и незначительно, но неизменно повышается до температуры 1050 °С. Кристаллизация анортита начинается около 800 °С и с увеличением

температуры обжига до 1050 °С наблюдается неизменное возрастание интенсивности дифракционных максимумов данной кристаллической фазы. Максимальное количество анортита фиксируется при 1050 °С.

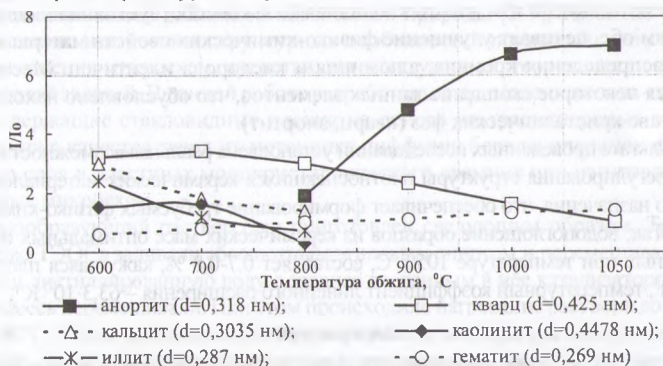


Рис. 1. Зависимость интенсивности (I/I₀) дифракционных максимумов кристаллических фаз от температуры обжига опытных образцов

Анализируя показатели физико-химических свойств и фазовый состав образцов, установлено, что улучшение показателей свойств и соответственно степени спекания керамических изделий наблюдалось с увеличением интенсивности кристаллизации анортита и снижением количества кристаллизующегося б-кварца.

Электронно-микроскопическое исследование микроструктуры исследуемых образцов позволило установить значительные изменения в структуре с увеличением температуры термообработки материалов. При температуре обжига 900 °С в образце изделий наряду со стекловидной и аморфизированной фазами наблюдается также значительное количество различных по форме и размерам пор. С повышением температуры термообработки до 1050 °С происходит заметное увеличение количества стекловидной фазы и снижение количества пор, что соответственно сказывается на степени спекания и свойствах образцов. Структура материалов также представлена частично оплавленными зёрнами кварца, кристаллами анортита, стекловидной фазой и аморфизированной глинистой составляющей.

Электронно-зондовый микроанализ позволил проследить характер распределения и концентрации химических элементов в структуре материалов. Анализ элементного состава образцов осуществлялся по спектрам характеристического излучения. Качественный состав образца определялся по положению К-линии на анализируемом спектре, а количественный — по интенсивности этих линий. Расшифровка спектров производилась методом сравнения полученных линий с эталонными. В качестве эталонов при количественных анализах таких элементов, как Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Mn, Fe применяются следующие минералы — оливин, анортит, волластонит, гранат, сфен, силлиманит, кианит.

Установлено, что распределение элементов и соответственно структура материалов значительно меняется с увеличением температуры обжига. Наиболее плотная и равномерная структура наблюдается в интервале температур 1000-1050 °С, что соответствует наиболее высоким показателям физико-химических свойств. Так, при температуре термообработки материалов 1050 °С структура материалов достаточ-

но однородная, кристаллические фазы распределены равномерно и окружены прослойками стекловидной фазы. Наблюдается некоторое увеличение концентрации легкоплавких элементов (К, Na, Ca, Mg и В) как на границе пор, так и в самих порах, что свидетельствует о том, что стекловидная фаза способствует заплыванию пор и тем самым обеспечивает улучшение физико-химических свойств материалов. Характер распределения кремния, алюминия и кислорода идентичен. Местами наблюдается некоторое скопление данных элементов, что обусловлено нахождением их в составе кристаллических фаз (кварц, апортит).

В результате проведенных исследований установлена реальная возможность направленного регулирования структуры плотносспекшихся керамических материалов хозяйственного назначения, что обеспечивает формирование требуемых физико-химических свойств. Так, водопоглощение образцов из керамических масс оптимальных составов, обожженных при температуре 1050 °С, составляет 0,7-0,8 %, кажущаяся плотность – 2450 кг/м³, температурный коэффициент линейного расширения – $63,3 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$.

Литература

1. Слюсарь О.А. Реотехнологические свойства фарфоро-фаянсовых масс и изделий с комплексными органоминеральными добавками: Автореф. дис... к-та техн. наук: 05.17.11 – Белгород, 2004. – С. 22.
2. Щербакова Н.Г., Белостоцкая Н.С., Варлахина Т.Б. Новые понизители вязкости фарфоровых шликеров // Стекло и керамика. – 1986. – № 6. – С. 19-21.

УДК 541.182

ФОРМИРОВАНИЕ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ ТВЕРДЫХ ИСТОЧНИКОВ ДИФфуЗИИ БОРА НА ПОВЕРХНОСТИ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ

Д.Л. Коваленко, В.Е. Гайшун

Учреждение образования “Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины”, г. Гомель, dkov@gsu.unibel.by

Advances in micro- and nanoelectronics demand a progressive development of integrated circuits technology created with new methods to attain high functional features. Integrated circuits production includes both thin and thick films composed from various compounds. A method of silicon doping through deposition of the sol-gel derived silica with dopants of III and V groups of the periodic system is challenged among many different other methods as efficient, flexible and low-cost technique, especially for films with complicated composition. Diffusion from the films deposited onto silicon can be done by one or several dopants, and it is well combined with existing silicon industry.

В последнее время мировой прогресс в значительной степени определяется состоянием радиоэлектроники, уровнем применения радиоэлектронной аппаратуры во всех отраслях науки и техники. С каждым годом усложняются задачи, выполняемые радиоэлектронной аппаратурой. И эти задачи успешно решает микроэлектроника. Микро-схемы позволяют значительно расширить круг выполняемых задач [1-4].

Интегральные схемы могут быть выполнены на тонких и на толстых пленках, или при сочетании тех и других. Поэтому важен поиск практически реализуемых методов и материалов, с помощью которых формирование покрытий было бы энергетиче-