

доставляя соответствующие учебные пособия. В этой ситуации существенную роль играет электронный учебник, создаваемый преподавателями кафедры.

Таким образом, на основе полученных результатов разработаны научно-методические рекомендации по реализации самостоятельной работы по общей химии для будущих инженеров. Использование современных информационных технологий в лекциях по общей химии дает возможность большую привлекательность как для студентов (предоставляет им более широкие возможности для эффективной самостоятельной работы), так и для преподавателей (избавляет их от рутинной работы и позволяет осуществлять эффективный контроль качества обучения).

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ФАРФОРА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОБЖИГА

Боркочев Б.М.

*Кыргызско-Турецкий Университет «Манас»,
Бишкек, e-mail: bakutb2008@rambler.ru*

Кыргызская Республика располагает большими запасами минеральных ресурсов, потенциально пригодных для производства керамических изделий [1-3]. Однако, местное керамическое сырье, особенно – глины, существенно отличаются по минеральному и химическому составу от традиционно используемых в производстве керамики (фарфора, фаянса, огнеупоров и др.) компонентов.

Главнейшие свойства керамических материалов (прочность, плотность, термостойкость, проницаемость и электрические характеристики, и некоторые другие) в значительной степени обусловлены их фазовым составом. Кроме того, на свойства керамических изделий оказывают влияние характер фазовых превращений, последовательность образования кристаллических фаз, а также источники их образования. Формирование структуры керамических материалов в процессе обжига происходит в несколько стадий и температурно-временная кинетика этого процесса существенно зависит от состава исходной шихты и содержания в ней примесей [4-7]. Поэтому исследование физико-химических процессов происходящих при обжиге местных глины позволит необходимые условия при выборе состава керамических масс, а также выбрать режимы обжига, обеспечивающие получение керамических изделий с заданными свойствами.

Наши исследования и опыт работы существующих керамических производств показывают [8-9], что на основе местного сырья возможно получение керамик, в том числе фарфора низкотемпературного обжига с повышенными механическими и удовлетворительными электроизоляционными свойствами. Улучшение

качества фарфоровых изделий и снижение затрат при их производстве является в настоящее время одной из актуальнейших задач, стоящих перед промышленностью. Это обуславливает в последнее время большой интерес исследователей к использованию нетрадиционных сырьевых источников. Однако типы кристаллических структур в керамике из местных компонентов практически не изучены.

В связи с этим задачей данной работы было изучение структуры и свойств фарфора низкотемпературного обжига. Данная задача может быть решена с использованием местных сырьевых компонентов активирующих спекание керамических масс в интервале температур 1000-1150 °С, а также информация об этом необходима для выявления возможностей дальнейшего улучшения физико-механических характеристик производимых в Кыргызской Республике керамик.

Изучали керамическую массу на основе местных тугоплавких глины, которые отличаются от традиционного сырья пониженным содержанием оксида алюминия и повышенным – свободного кварца и ряда примесей. Состав шихты: глина Кара-Киче 60-65 %, полевой шпат 25 %, бой фарфорового черепка 15-10 % (по массе). Для улучшения пластичности массы часть глины (5 %) заменялась специальными добавками.

Образцы для испытаний согласно [10] формовали экструзией вакууммированной массы влажностью 16-18 %, последующей сушкой и обжигом при температурах 400-1150 °С. При всех температурах обжига применяли изотермическую выдержку 2 часа; температура в лабораторной печи поддерживалась микропроцессорным терморегулятором Omron-5GN с точностью до 1 °С. После каждого обжига определяли прочность на изгиб, усадку и другие характеристики.

Кристаллическую структуру изучали методом рентгенофазового анализа (РФА) на дифрактометре ДРОН-3М. Рентгенограммы многих силикатных соединений (глин, полевых шпатов и др.) содержат дифракционные максимумы в области малых углов вольф-брегговских отражений, соответствующих большим межплоскостным расстояниям (3...15 Å). Для увеличения углового разрешения в этой области использовали рентгеновскую трубку с железным анодом. Из-за низкой интенсивности дифракционных отражений съемку вели без фильтров и монохроматора. Бета-линии выделяли аналитически [11].

Наиболее информативной частью в плане идентификации кристаллических фаз является область малых и средних углов отражений, поэтому дифрактограмма записывалась в области углов 2θ от 13° до 80°. на двух координатном самописце ENDIM-600. Щель счетчика перемещалась со скоростью 0,5-1°/мин, отметки углов 2 θ

фиксировались через 1°. Образцы для РФА в виде дисков диаметром 25 и толщиной 2-3 мм готовили прессованием исходной шихты в металлической пресс-форме. Так как у некоторых керамик наблюдается обогащение поверхностного слоя стеклофазой, то после спекания поверхность образцов шлифовали на глубину 0,2-0,3 мм.

Сравнение дифрактограмм местных тугоплавких глин с дифрактограммами импортных качественных глин и каолинов показывает, что местные глины, в основном, каолиновые, с высоким содержанием свободного кварца. Месторождения глин в порядке возрастания концентрации каолинита можно расположить в ряд: Согуты – Кара-Киче – Кок-Мойнок – Чоко-Булак. Профиль линии (001) каолинита свидетельствует о том, что в местных глинах этот минерал по дисперсности и степени кристалличности ближе к малопластичным каолинам, чем к высокопластичным глинам типа Ново-Райской. Недостаточно высокая дисперсность каолинита и обуславливает, видимо, низкую пластичность местных тугоплавких глин, что требует повышенного (60-65%) содержания их в керамических массах.

На основе изучения зависимости фазового состава и свойств керамики от температуры обжига, можно отметить следующее:

1. Каолинит в местных глинах полностью разлагается в интервале температур обжига 500-600°C, что соответствует имеющимся в литературе данным. Образующиеся при распаде каолинита метастабильные фазы существуют в температурном интервале 600-1050°C.

2. Растворение кварца начинается уже при 850°C.

3. Полное растворение частиц полевого шпата происходит в узком диапазоне температур – 1050-1100°C, который значительно ниже температуры начала плавления его в стандартном фарфоре (1140°C).

Температура начала образования основной кристаллической фазы фарфора-муллита (950°C) примерно соответствует известным данным (1000°C) [4]. Концентрация его увеличивается с повышением температуры обжига вплоть до начала пережога. Видимо, в исследуемой керамике процесс муллитообразования полностью не завершается, и это указывает на существование резерва повышения прочности.

Аналогичные изменения фазового состава характерны и для стандартного фарфора, но в изучаемой керамике все высокотемпературные процессы, протекающие с участием жидкой фазы (расплава), происходят при более низких температурах и с более высокой скоростью. Это обстоятельство указывает на пониженную вязкость расплава и более высокую диффузионную подвижность в нем молекул компонентов.

Анализ усадка образцов, прочность керамики на изгиб показывает, что уже после обжига

при 850°C керамика имеет заметную прочность на изгиб (32 МПа) при огневой усадке всего в 2%. Видимо, уже при такой температуре появляется жидкая фаза, цементирующая после затвердевания частицы кристаллических фаз. С повышением температуры обжига от 950 до 1050°C прочность интенсивно растет, затем рост ее замедляется и в интервале температур 1100-1130°C она достигает максимального значения 83-87 МПа. Согласно стандартам на керамические электротехнические материалы такой уровень прочности вполне соответствует требованиям ГОСТ 20419-83 [12] для материалов подгруппы 112 – силикатный фарфор высокой прочности.

При 1140°C и выше наступает пережог, прочность падает, усадка также уменьшается. Сравнение показывает, что между изменением прочности и изменением усадки с температурой обжига имеется некоторая корреляция. В то же время рост концентрации муллита в интервале температур плотного спекания (1100-1140°C) заметно влияния на прочность образцов не оказывает. Следовательно, прочность этой керамики в большей мере определяется уплотнением образца, нежели концентрацией муллита.

Результаты исследования структуры и свойств керамики указывают на необходимость корректировки состава массы на предмет повышения температуры ее обжига. Можно ожидать, что при более высоких температурах обжига повысится концентрация муллита, что должно благоприятно отразиться на свойствах керамики.

Известно, что увеличение числа компонентов обычно приводит к снижению температуры плавления системы. По сравнению с высококачественными огнеупорными глинами, используемыми для производства фарфора, местные тугоплавкие глины имеют повышенное содержание оксидов натрия, калия, кальция, магния, железа и других элементов, которые при их нагревании соответственно, образуют с продуктами распада каолинита, кварцем и полевым шпатом легкоплавкую многокомпонентную эвтектику (ферросиликаты алюминаты, алюмоферриты, алюмосиликаты, и другие соединения).

Вязкость этой эвтектики, в отличие от кварц-полевошпатового расплава в стандартном фарфоре, низкая, что ускоряет процессы уплотнения порошковой массы, растворения продуктов распада каолинита и реакцию образования муллита. Однако этот же фактор приводит к уменьшению интервала температур обжига, в пределах которого возможно получение плотно спеченной керамики с высокими прочностными характеристиками. Если для стандартного фарфора интервал температур обжига обычно не менее 150-200°C, то для керамики из местных глин он сужается до 20-30°C, что осложняет ее производство.

Проведенные исследования позволяют отметить следующее:

1. Превращение каолинита в новую термодинамическую устойчивую фазу – муллит происходит через ряд промежуточных метастабильных фаз. В интервале температур 900–1100 °С промежуточные фазы сосуществуют с муллитом.

2. В изученных керамических массах выделение кристаллов муллита начинается при температурах – около 950 °С. На дифрактограммах ширина линий муллита заметно уменьшается после обжига масс при температурах выше 1000 °С, что свидетельствует об увеличении среднего размера его кристаллов и интенсивность муллита в керамике достигает максимального значения при 1150 °С.

3. На дифрактограммах керамических масс, обожженных при температурах выше 800 °С наблюдается рост интегральной интенсивности диффузного фона рентгеновского излучения в интервале углов 2θ от 20 до 40°, что указывает на увеличении относительного объема аморфной фазы в структуре керамики.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что структура фарфора из местных компонентов аналогична структуре традиционного фарфора. Однако примеси, содержащиеся в местных глинах, интенсифицируют процессы спекания, и формирование структуры керамики завершается при значительно более низких температурах (1075–1150 °С), чем в стандартном фарфоре (1300–1400 °С). Это обстоятельство позволяет производить из местного сырья достаточно качественную керамику при существенно меньших энергетических затратах.

Список литературы

1. Минеральные ресурсы неметаллических полезных ископаемых Кыргызской Республики. – Бишкек, 1995. – 394 с.
2. Жекишева С.Ж. Сырьевая база и перспективы развития керамической промышленности Кыргызстана. – Фрунзе: КыргызВИИНТИ, 1989. – 60 с.
3. Жекишева С.Ж. Использование глин Кара-Киче в производстве керамических изделий. – Бишкек: Илим, 1994. – 64 с.
4. Августинник А.И. Керамика. – Л.: Стройиздат, 1975. – 592 с.
5. Кингери У.Д. Введение в керамику. – М.: Стройиздат, 1967. – 498 с.
6. Технология электрокерамики. / Под ред. Г.Н. Масленниковой. – М.: Энергия, 1974. – 224 с.
7. Зальманг Г. Физико-химические основы керамики. – М.: Госстройиздат, 1959. – 396 с.
8. Боркочев Б.М. Рентгенофазовый анализ кинетики формирования кристаллических фаз керамик при обжиге // Наука. Образование. Техника. – Ош, 2009. – Вып. 1. – С. 87–89.
9. Боркочев Б.М., Жердев А.М., Макаева К.Т., Эртель В.Н. Оптимизация технологии получения керамических изделий на основе местных компонентов // Инженер. – Бишкек, 2010. – С. 109–112.
10. ГОСТ 24409-80. Материалы керамические электротехнические. Методы испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1987.
11. Горелик С.С., Расторгуев Л.Н., Скаков Ю.А. Рентгенографический и электронно-микроскопический анализ. – М.: Металлургия, 1970. – 107 с.
12. ГОСТ 20419-83. Материалы керамические электротехнические. Классификация и технические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1986.

АНАЛИЗ ЭВОЛЮЦИИ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ «НАСЫЩАЮЩАЯ СРЕДА – ИЗДЕЛИЕ» ПРИ ОДНОВРЕМЕННОМ БОРОХРОМИРОВАНИИ

Гармаева И.А., Гурьев А.М., Иванова С.А.
 ФГБОУ «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»,
 Барнаул, e-mail: gurievam@mail.ru

В процессе эксплуатации деталей машин и инструмента наиболее интенсивным внешним воздействиям подвергаются их поверхностные слои, поэтому нередко структура и свойства именно поверхностных слоев оказывают определяющее влияние на работоспособность изделий в целом. Особый интерес с точки зрения повышения ресурса работы стальных деталей представляет разработка новых высокоэффективных методов упрочнения деталей машин и инструмента за счет диффузионного насыщения поверхности металлов и сплавов различными химическими элементами – метод химико-термической обработки (ХТО). Широко используемая традиционная химико-термическая обработка (цементация, азотирование) хотя и повышает износостойкость, но требует большого расхода электроэнергии в связи с длительностью высокотемпературных диффузионных процессов.

В настоящей работе проведен эксперимент по выявлению влияния основных технологических факторов процесса одновременного диффузионного борохромирования на эволюцию компонентов системы «насыщающая среда – изделие».

В качестве изучаемых факторов были исследованы время насыщения при изотермической выдержке при температуре 950 °С. Время насыщения было выбрано 1, 3, 5, 10, 30 и далее через 30 до 180 мин. Образцы, упакованные в самозащитную насыщающую порошковую смесь в фарфоровых тиглях загружались в предварительно разогретую до 950 °С и выдерживались там необходимое время. До процесса упаковки осуществляли взвешивание насыщаемых образцов из стали Ст3, насыщающей смеси и тиглей с упакованными образцами. После окончания выдержки тигли остужали на воздухе до комнатной температуры, после чего повторно взвешивали, насыщающую смесь с образцами извлекали из тиглей и взвешивали, после чего взвешивали насыщенные образцы.

По результатам взвешивания оценивали потери насыщающей среды на угар и образование диффузионного слоя, а также по результатам взвешивания оценивали массу прорифундированных в сталь элементов (бора и хрома). Полученные данные были интерпретированы по отношению к единице площади: потеря насыщающей среды на угар определялась по параметру масса на м² свободной поверхности насыщающей среды, контактирующей с кислородом