

При использовании простого пассивного RC-фильтра частота интегратора должна быть как минимум на порядок ниже частоты ЦШИМ.

Для возбуждения ультразвуковой части излучателя служит регулируемый задающий генератор, который реализуется в ПЛИС с помощью схемы прямого цифрового синтеза (DDS). Характерной особенностью DDS является то, что отсчеты синтезируемого сигнала вычисляются цифровыми методами, после чего передаются на цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), где и происходит их преобразование в аналоговую форму (напряжение или ток), как это показано на рисунке 3.

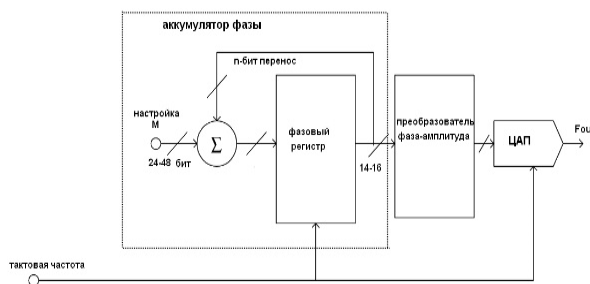


Рисунок 3 – Схема прямого цифрового синтеза

Одной из важных особенностей таких устройств является высокая разрешающая способность задания значений воспроизводимых частот и их большая точность. Скорость (время) перестройки выходной частоты с одного значения на другое очень высока и стабильна. Время перестройки не зависит от разности между начальной и конечной частотами.

С выхода ЦАП сигнал поступает на усилитель мощности. Нагрузкой усилителя мощности является ультразвуковая часть комбинированного излучателя. Для регулировки излучаемой мощности на входе усилителя установлен цифровой потенциометр, управляющий коэффициентом деления сигнала, поступающего на вход усилителя мощности.

Для контроля магнитного потока, протекающего через индуктор, используется датчик Холла, который крепится на индукторе и выход датчика через схему согласования подключается

к входу АЦП ПЛИС. Поскольку датчик преобразует значение амплитуды магнитного потока, протекающего через датчик в амплитуду электрического сигнала, то, кроме контроля тока протекающего через индуктор, этот способ позволяет дополнительно контролировать способность индуктора преобразовывать электрический сигнал в магнитный поток, т. е. контролировать воздействие магнитным полем.

Узел измерения параметров ультразвукового излучения частично реализован в ПЛИС. Для подстройки частоты сигнала, поступающего на пьезокерамический излучатель, в резонанс проводится измерение фазы напряжения и тока, протекающего через излучатель. Сравнение фаз тока и напряжения происходит в ПЛИС с помощью фазового детектора. Фазовый детектор, срабатывающий по фронтам входных сигналов, формирует управляющие импульсы, которые через схему суммирования (вычитания) поступают на вход DDS для коррекции частоты сигнала возбуждения. Для контроля акустического контакта сигнал с выхода измерителя тока подается на вход АЦП ПЛИС.

Устройство управления аппарата реализовано программно с помощью ПЛИС, для чего используется специально разработанная для ПЛИС фирмы Altera Nios2 - 32-разрядная микропроцессорная архитектура –soft-микро-процессор– микропроцессорное ядро, которое полностью создано с использованием только логического синтеза. Достоинством такого решения является снижение количества элементов, требуемых для построения аппарата, и, следовательно, снижение его стоимости.

Литература

1. Улащик В.С. Физиотерапия. Новейшие методы и технологии. Минск : Книжный дом, 2013. – 448 с.
2. Улащик В.С. Магнитоультразвуковая терапия: теоретическое обоснование метода // Новости медико-биологических наук. 2016. – Т. 13. – № 2. – С. 172–177.

УДК 666.3/7

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРО- И ФАЗООБРАЗОВАНИЯ ПРИ СИНТЕЗЕ САМОГЛАЗУРУЮЩИХСЯ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Дятлова Е.М.¹, Сергиевич О.А.¹, Алексеенко И.А.¹, Шеченок А.А.², Колонтаева Т.В.³

¹Белорусский государственный технологический университет, Минск, Республика Беларусь

²Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Республика Беларусь

³Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Развитие науки о трении и изнашивании твердых тел показало, что в контакте трущихся тел наблюдается их адаптация за счет протекания гаммы физико-химических процессов, при этом создаются специфические поверхност-

ные структуры, реализующие низкий и стабильный коэффициент трения при высокой износостойкости [1]. Актуальным направлением современных исследований является сочетание различных систем, синтез и изучение новых материалов,

полученных на их основе. Основными свойствами износостойких керамических материалов является работа в условиях длительных истирающих нагрузок. Износостойкие детали работают при высоких температурах, резких перепадах температуры и других осложняющих факторах.

Анализ обзора литературы в области синтеза износостойких керамических материалов показал, что основными сырьевыми компонентами являются оксиды алюминия и стабилизированного циркония [2–3]. Полученные керамические материалы характеризуются мелкокристаллической плотной структурой и повышенными прочностными показателями (300–550 МПа) при температуре спекания 1500–1700 °С. Эти материалы при всех достоинствах имеют высокую себестоимость из-за дорогостоящих исходных компонентов, повышенной температуры обжига.

С целью снижения коэффициента трения износостойких изделий в ряде случаев используется эффект самоглазурирования поверхности при синтезе керамики, где в качестве сырьевых компонентов могут быть использованы перлиты, цеолиты и вулканические стекла с добавками щелочесодержащих компонентов таких, как сода, фторид и фосфат натрия [4–5]. Получение износостойких материалов с самоглазурирующей поверхностью на основе доступного минерального сырья является актуальной проблемой.

В этой связи основной целью работы является установление особенностей структуро- и фазообразования, а также поведение исходных сырьевых композиций при термической обработке при получении керамических износостойких самоглазурирующихся материалов на основе системы $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$.

Синтез керамических материалов проводился в поле кристаллизации анортита указанной системы с использованием как химических реактивов, так и природного сырья (мела, огнеупорной глины, кварцевого песка). Для образования самоглазурирующей поверхности в сырьевую смесь вводились растворимые щелочесодержащие добавки [6].

Дифференциально-сканирующая калориметрия, позволяющая установить процессы при нагревании сырьевых составляющих керамических масс, обусловленная химическим составом и структурой каждого компонента, осуществлялась на приборе DSC 404 F1 Pegasus фирмы Netzsch (Германия). Кривая ДСК для оптимального состава с использованием природного сырья и щелочных добавок свидетельствует о наличии ряда термических эффектов.

Из рисунка 1 следует, что первый слабый эндотермический эффект при температуре 108,1 °С связан с удалением физически связанной влаги. При температуре 484,2 °С происходит дегидратация NaOH, при 574,2 °С наблюдается переход низкотемпературного β-кварца в α-кварц, а также

потеря структурной воды глинистой составляющей. Глубокий эндотермический эффект, связанный с разложением карбонатов, наблюдается в интервале температур 780–850 °С с максимумом при 800,1 °С. Экзотермические эффекты при температурах 870,9 °С и 932,4 °С связаны с перестройкой кристаллической решетки глин, формированием новых кристаллических фаз, вероятнее анортитовой природы. С 1100 °С и выше происходит образование расплава и развиваются процессы жидкофазного спекания.

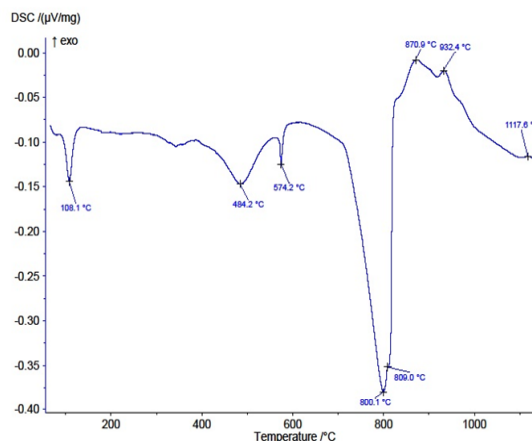
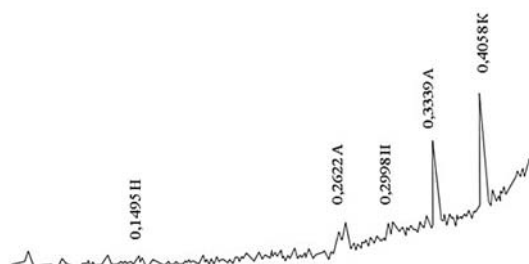


Рисунок 1 – Кривая ДСК керамической массы оптимального состава

Рентгенофазовый анализ синтезированных самоглазурирующихся образцов проводился на дифрактометре D8 ADVANCE фирмы Bruker (Германия). В образце кроме основных фаз анортита и кристобалита обнаружен нестехиометрический твердый раствор анортита, образованный в результате взаимодействия анортита с оксидом натрия, вводимого через NaOH (рисунок 2).



Межплоскостные расстояния приведены в нм
А – анортит; К – кристобалит; Н – натриевый анортит
Рисунок 2 – Кривая РФА самоглазурированного образца, обожженного 1170 °С

Микроструктура образцов исследовалась с помощью сканирующего электронного микроскопа марки JSM-5610 LV, оснащенного системой локального химического анализа EDX JED-2201 JEOL (Япония). Изображения получены с увеличением в 1000 раз (рисунок 3).

Из представленных на рисунке 3 данных видно, что структура керамической матрицы поликристаллическая, текстура неоднородная, представлена зернами различной формы, согласно

рентгенофазовому анализу в основном анортитовой фазы. Структура сформировавшейся во время обжига самоглазурующей поверхности образца более однородная и ровная, хотя имеются небольшое количество пор и включения зерен.

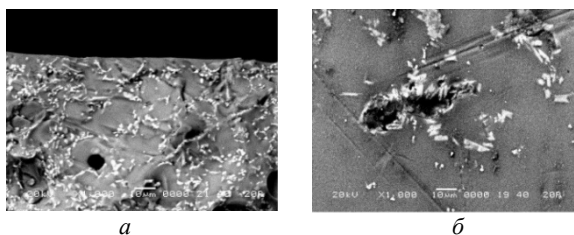


Рисунок 3 – Электронно-микроскопическое изображение: внутреннего скола (а) и самоглазурующей поверхности керамического образца (б), обожженных при температуре 1170 °С

Структура неглазурованного образца имеет шероховатости, которые усиливают трение. Установлено, что щелочная добавка в керамическую массу снижает температуру спекания образца, образует стекловидный слой, выравнивает и «залечивает» поверхности открытых пор, образуя в поровом пространстве скопление мелких кристаллов предположительно анортитовой природы. Использование эффекта самоглазурования позволило получить керамические материалы с шероховатостью поверхности (средним отклонением профиля R_a) 3,2 нм, коэффициентом трения 0,24 и микротвердостью 10800 МПа, которые можно рекомендовать для эксплуатации в условиях истирающих нагрузок.

Таким образом, полученные результаты могут быть использованы для получения износостойких керамических изделий с пониженным коэффициентом трения, способных работать длительное время в условиях истирающих нагрузок в химиче-

ской и машиностроительной отраслях, а также на предприятиях легкой промышленности.

Литература

1. Белый, А.В. Структура и методы формирования износостойких поверхностных слоев [Текст] / А.В. Белый, Г.Д. Карпенко, Н.К. Мышкин. – М. : Машиностроение, 1991. – 208 с.
2. Современная оксидная керамика и области ее применения [Текст] / Е.С. Лукин, Н.А. Попова, Н.А. Макаров [и др.] // Конструкции из композиционных материалов. – 2007. – № 1. – С. 3–13.
3. Алисин, В.В. Влияние химического состава и условий синтеза наноструктурированных кристаллов частично стабилизированного диоксида циркония на трибологические характеристики [Текст] / В.В. Алисин, М.А. Борик, А.В. Кулебякин, Е.Е. Ломонова // Керамика и композиционные материалы: доклады VI Всероссийской научной конференции, Сыктывкар, 25–28 июня 2007 г. – Сыктывкар, 2007. – С. 349–350.
4. Меркин, А.П. Производство самоглазурующихся керамических плиток [Текст] / А.П. Меркин, Н.А. Николаенко, М.А. Шенкао // Стекло и керамика. – 1991. – № 3. – С. 11–12.
5. Меркин, А.П. Самоглазурующиеся керамические плитки на основе кислых вулканических стекол / А.П. Меркин, В.И. Наназ-швили // Стекло и керамика. – 1987. – № 12. – С. 18–19.
6. Износостойкие керамические материалы с самоглазурующей поверхностью / О.А. Сергеевич, И.А. Алексеенко, Е.М. Дятлова // Международная науч.-техн. конф. молодых ученых «Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности», Могилев, 26–27 октября 2017 г. – С. 104.

УДК 666.766:[666.321+614.842.615]

ПОЛУЧЕНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Дятлова Е.М., Колонтаева Т.В., Попов Р.Ю., Богдан Е.О., Белугин Д.С, Ильина Л.С.

*Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь
Белорусский государственный технологический университет, Минск, Республика Беларусь*

Современные теплоизоляционные материалы широко используются для тепловой изоляции ограждающих конструкций зданий, технологического оборудования и различных теплотехнических агрегатов. Теплоизолирующие материалы, применяющиеся в промышленности строительных материалов, позволяют экономить от 20 до 70 % топлива, при этом осуществляется снижение перепада температур в тепловых агрегатах, уменьшение толщины ограждающих конструкций, существенно ускоряется процесс обжига, а также качество обжигаемых изделий.

В керамической технологии применяют несколько методов получения пористой структуры: введение выгорающих добавок, в качестве которых выступают органические компоненты – опилки, торф, уголь, сгорающие при синтезе, образуя поры; использование пенообразования (с применением различных пен) или химического газообразования (металлический алюминий с кислотами или щелочами). Анализ литературных данных показывает, что применение шликерной технологии с использованием пенообразователей позволяет получать изделия, характеризующиеся