

На правах рукописи

Абакумов Александр Евгеньевич

**РАЗРАБОТКА ДИОПСИДСОДЕРЖАЩИХ
КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОБЖИГА**

05.17.11 – Технология керамических, силикатных и тугоплавких
неметаллических материалов.

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

г.Томск

1998 г.

Работа выполнена на кафедре физических химии, технологии силикатов и неорганических веществ Томского политехнического университета.

Научные руководители:

доктор технических наук, профессор

Верещагин Владимир Иванович;

кандидат технических наук, доцент

Алексеев Ю.И.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор

Смирнов Серафим Всеволодович

кандидат технических наук, доцент

Романов Борис Павлович

Ведущая организация – ЗАО «Томский завод керамических материалов и изделий», г.Томск.

Защита состоится 30 декабря 1998 года в 11.00 на заседании диссертационного совета К063.80.11 в Томском политехническом университете по адресу: 634034, г.Томск, 43, аудитория 117.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Томского политехнического университета.

Автореферат разослан 27 ноября 1998 года.

Общая характеристика работы.

Актуальность темы.

В последнее время, при проведении исследований в области технологии керамических материалов основное внимание уделяется разработке новых видов керамических материалов на основе нетрадиционных сырьевых материалов. Таким образом, сырьевая база керамической промышленности расширяется за счет включения месторождений местного и регионального сырья.

На кафедре технологии силикатов Томского политехнического университета проведен большой объем исследований по применению природного диопсидового сырья в керамических технологиях. Источником сырья являются породы Слюдянского месторождения (Южное Прибайкалье, запасы которого способны удовлетворить значительные потребности в качественном диопсидовом сырье. На настоящий момент актуальными являются задачи по получению пористых и плотнospеченных керамических материалов с диопсидовой кристаллической фазой при обжиге в температурном интервале 900-1050 °С. Основная технологическая задача, требующая решения - регулирование вязкости расплава при обжиге диопсидовой керамики в данном температурном интервале.

Решение задачи регулирования вязкости расплава при обжиге низкотемпературной диопсидовой керамики позволит как расширить область применения диопсидовых пород, так и более полно реализовывать достоинства диопсида, используемого в качестве кристаллообразующего компонента в уже разработанных керамических массах,

Диссертационная работа была выполнена в рамках госбюджетной темы "Разработка технологических принципов и приемов нетрадиционного использования силикатного сырья в производстве стекломатериалов, твердеющих композиций и керамических материалов"; программы "Сибирь", подпрограмма 6.01 "Новые материалы и технологии" (номер государственной

регистрации 81030080), тема 2.26.2.6; а также в соответствии с планом научных исследований Томского политехнического университета "Разработка эффективных технологий и материалов на основе природного и технического сырья и отходов промышленности" (код темы по ГАСНТИ 61.35.31).

Цель работы.

Разработка составов пористых и плотноспеченных керамических материалов с диопсидовой кристаллической фазой с температурой обжига 900-1050 °С

В соответствии с целью были поставлены и решены нижеследующие задачи работы.

Задачи работы.

1) Исследование возможности использования диопсидсодержащих пород как сырья для получения керамических материалов при температурах обжига 900-1050 °С, выработка рекомендаций по составу и областям применения диопсидовых сырьевых пород .

2) Обоснование выбора плавневой система для диопсидовой керамики низкотемпературного обжига.

3) Разработка способов регулирования свойств расплава плавней, используемых в диопсидсодержащей керамике в температурном интервале 900-1050 °С.

4) Исследование влияния доли плавня и глинистого компонента в составе шихты, а также влияния соотношения между основными минералами, составляющими диопсидовые породы, на свойства керамического материала.

Научная новизна.

1) Установлено, что получение при обжиге в температурном интервале 900-1050°С плотных и пористых керамических материалов с диопсидовой кристаллической фазой, осуществляется спеканием шихты, содержащей диопсидовые породы, глину и щелочносиликатный плавень.

Снижение температуры спекания достигается за счет введения добавок оксида бора в состав щелочносиликатного плавня и использования полевых шпатов в качестве регулятора вязкости расплава.

2) Оптимальное количество B_2O_3 в составе шихты диопсидовой керамики составляет 2-2.5 % от массы плавня. Введение меньше 2% добавки не дает достаточного эффекта по снижению температуры. При содержании B_2O_3 больше 2.5% происходит сужение интервала спекшегося состояния диопсидовой керамики за счет уменьшения вязкости расплава.

3) Предпочтительным регулятором вязкости расплава при спекании диопсидовой керамики является калиевый полевой шпат. При использовании смешанных калиево -натриевых полевых шпатов калиевый модуль пород должен быть больше двух. В присутствии добавок калиевого полевого шпата, содержащийся в породах кварц выступает как дополнительный регулятор вязкости расплава.

Практическая ценность.

1) Выработаны основные рекомендации по получению диопсидовых керамических материалов с пористой и плотнospеченной структурой в интервале температур 900-1050°C. Определены вид борсодержащей добавки и способ ее введения в керамическую шихту, оптимальное содержание добавки оксида бора, в случае использования щелочеалюмосиликатного электротехнического стекла СЛ-96 в качестве плавня.

2) На основе диопсида получены пористые керамические материалы низкотемпературного обжига с прочностью 45-50 МПа, у которых фракция с размерами пор 1-3 мкм составляет 75-90 % от общего объема пор. Данные материалы находят свое применение при производстве таких изделий, как керамические мембраны, фильтры, носители катализаторов.

3) Получен плотнospеченный керамический материал при температуре обжига

1000-1050°C с водопоглощением 0-3%, прочностью на изгиб 140-160 МПа. Состав шихты содержит до 10% глинистого компонента, 10% полевых шпатов, 20% стекла и 60% диоксидовых пород.

4) В качестве сырьевых материалов используются отходы промышленности, местные и региональные сырьевые материалы.

Реализация работы.

Полученные в ходе работы научные результаты и разработанные составы диоксидовой керамики низкотемпературного обжига использованы Новосибирским институтом катализа СО РАН. Планируется выпуск изделий электротехнического назначения из плотнospеченной диоксидовой керамики в НПО "Контур" г. Томск.

Апробация работы.

Основные положения и результаты исследований обсуждались на региональной научно-практической конференции в г. Томске в 1994 г.

Структура и объем диссертации.

Диссертация изложена на 135 страницах машинописного текста, состоит из четырех глав и основных выводов, содержит 27 рисунков, 18 таблиц. Список литературы насчитывает 102 источника.

Публикации.

Основное содержание работы и ее результаты опубликованы в двух статьях и одних тезисах доклада.

Содержание работы.

Во введении дано обоснование выбора темы, поставлены основные цели и определены задачи исследования, показана научная новизна и практическая ценность работы.

Первая глава носит обзорный характер, в ней рассмотрены вопросы состояния теории и практики в области получения традиционного и специального фарфоров. Дана классификационная характеристика основных видов и свойств фарфоро-фаянсовых материалов. Особое внимание уделено работам по расширению сырьевой базы керамической промышленности и снижению температуры обжига керамики. Рассмотрены четыре основные группы физико-химических процессов формирования и преобразования структуры фарфоровых керамических материалов. Более подробно освещены процессы формирования кристаллической фазы материалов, а также образования расплава и регулирование его свойств при обжиге керамических материалов.

Отдельно рассмотрены особенности получения керамики с диопсидовой кристаллической фазой. Наибольшего развития данной темы достигли сотрудники кафедры Технологии Силикатов при Томском Политехническом Университете, где успешно разработаны составы диопсидовой керамики электро- и радиотехнического назначения. Практика показывает, что для производства электротехнической и радиокерамики с диопсидовой кристаллической фазой могут быть использованы как традиционные для керамической промышленности материалы - магнезит, кальцит, кварцевый песок, так и новые, относительно недавно разведанные источники сырья, а именно, тремолит, энстатит, диопсид.

Температуры обжига исследованных плотноспеченных керамических материалов с диопсидовой кристаллической фазой лежат выше 1100°C. Как и при производстве других видов спеченной магнезиальной керамики, в

технологиях диопсидовой керамики необходимы меры по расширению интервала спекания. При проведении исследования литературных источников, нами не найдены сведения о разработках, имеющих широкое практическое применение, касающихся получения спеченного керамического материала с диопсидовой кристаллической фазой при температуре ниже 1100°C.

На основании литературных данных показана целесообразность проведения исследований на предмет получения пористых и плотноспеченных керамических материалов из природного диопсидового сырья с температурами обжига 900-1050°C. Определены цели и поставлены задачи исследования..

Во второй главе описаны методы исследования сырья и полученных керамических материалов. Приведены характеристики исходных материалов диопсидовых пород, полевых шпатов, глины и стеклобоя.

В качестве диопсидсодержащих материалов в данной работе были использованы диопсидовые полиминеральные породы Слюдянского месторождения (Иркутская область), а также включения в эти породы, представляющие собой образцы чистых минералов - кварца и диопсида. В качестве глинистого материала использована глина Вороновского месторождения (Томская область). Калиевые полевые шпаты представлены Чупинским микроклином, натриевые полевые шпаты представляют собой чистый альбит, полученный при обогащении полевошпатовых пород. В работе использован стеклобой электротехнического стекла СЛ-96, являющийся отходом производства Томского электролампового завода. Химический состав сырьевых материалов приведен в таблице 1.

Описаны методы исследования керамики и сырьевых материалов, а так же использованные приборы, режимы их работы.

Таблица 1.

Химический состав материалов, используемых в работе.

Окислы	Диопсидиты	Кальцит-кварц- диопсидовые породы	Кальцит-диопсид- кварцевые породы	Чупинский микроклин	Глина Вороновская	Стеклобой СЛ-96
SiO ₂	53.41	64.26	77.53	67.2	65.18	71.90
TiO ₂	0.10	0.01	0.01	0.01	0.59	
Al ₂ O ₃	0.20	0.21	0.21	14.2	18.35	11.10
Fe ₂ O ₃	0.08	0.11	0.13	0.10	1.42	0.10
MnO	0.01	0.01	0.01			
MgO	17.88	11.37	7.03	0.15	1.09	3.5
CaO	26.21	19.74	12.15	0.67	0.74	5.50
Na ₂ O	0.07	0.08	0.08	2.6	1.69	16.10
K ₂ O	0.04	0.05	0.06	13.00	0.89	1.00
P ₂ O ₅	0.02	0.05	0.06			
BaO						2.00
Δm	1.93	3.69	2.33	0.38	10.22	
Сумма	99.84	99.67	99.61	97.93	100.35	101.6

Приведена методика химического анализа силикатных материалов. Кристаллическая структура природных в лабораторно полученных силикатных материалов исследовалась методом рентгенофазового анализа на дифрактометре "ДРОН-ЗМ" с использованием $\text{CuK}\alpha$ -излучения. Термический анализ исходных веществ и шихт исследуемых составов проводили на дериватографе системы Паулик-Паулик-Эрдей до температуры 1050°C в среде атмосферного воздуха. Приведены методики исследования свойств керамических материалов, в том числе, определение истинной плотности материалов пикнометрическим методом по ГОСТ-2211-65 и определение объемного распределения пор по эквивалентным радиусам методом порометрии высокого давления. Степень измельчения сырьевых материалов контролировалась в зависимости от вида помола: по удельной поверхности на приборе ПСХ-2, по остатку на сите № 006.

Гранулометрический состав шликера был определен сидементационным анализом.

Третья глава посвящена выбору и исследованию расплавообразующих систем, обеспечивающих спекаемость пористой и плотноспеченной диопсидовой керамики при температурах $900-1050^\circ\text{C}$.

Как самостоятельные фазы, диопсид и кварц существуют в трехкомпонентной системе CaO-MgO-SiO_2 . В данной системе диопсид $\text{CaOMgO}_2\text{SiO}_2$ является самым легкоплавким соединением с температурой плавления 1391.5°C . Соединения системы CaO-MgO-SiO_2 в принципе, не могут использоваться в качестве плавня в диопсидовой керамике.

Наиболее вероятно использование в качестве плавня низкотемпературной диопсидовой керамики соединений, относящихся к щелочносиликатным системам $\text{Na}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ и $\text{K}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$. Калиевые и натриевые полевые шпаты, являющиеся наиболее распространенными плавнями в фарфоровых технологиях, не могут являться эффективными плавнями в керамических массах

на основе диопсида. Это объясняется двумя важными факторами. Во-первых, расплав полево-шпатовых плавней в керамике на основе кварц-диопсидовых пород появляется при температуре 990°C (эвтектика ортоклаз-тридимит), что не позволяет эффективно вести спекание керамики при температурах ниже 1000°C . Во-вторых, при увеличении температуры обжига для образования требуемого количества расплава, необходимого для протекания процессов спекания, повышается растворимость диопсида в расплаве, приводящая к снижению его вязкости. Это отражается на сужении интервала спекания керамики.

Одним из приемлемых вариантов является использование в качестве плавня стеклобоя щелочно-силикатного стекла СЛ-96, отхода производства Томского электролампового завода. В пользу такого выбора свидетельствуют следующие предпосылки. Щелочносиликатные стекла обладают низкими температурами размягчения. У марки СЛ-96 температура размягчения -560°C . Выбранное нами стекло содержит 2% ВаО в своем химическом составе, что способствует повышению вязкости его расплава. Расплав стекла способен растворять в себе частицы кварц-диопсидовых пород, что позволяет улучшить согласование физических свойств кристаллической и стекловидной фазы керамического материала. При выборе вида сырьевого материала не последнюю роль сыграла его доступность и невысокая стоимость.

Рассмотрены факторы, влияющие на свойства расплава стекла при обжиге диопсид содержащей керамики. Прежде всего, это состав сырьевой смеси. Основной порообразующий минерал диопсид, плавясь при обжиге, обогащает расплав оксидами кальция и магния, действие которых проявляется в изменении структурного мотива стекла и, как следствие, в уменьшении вязкости расплава.

Напротив, при растворении, содержащегося в породе, кварца расплав обогащается комплексами с устойчивыми кремнекислородными связями по четырем направлениям.

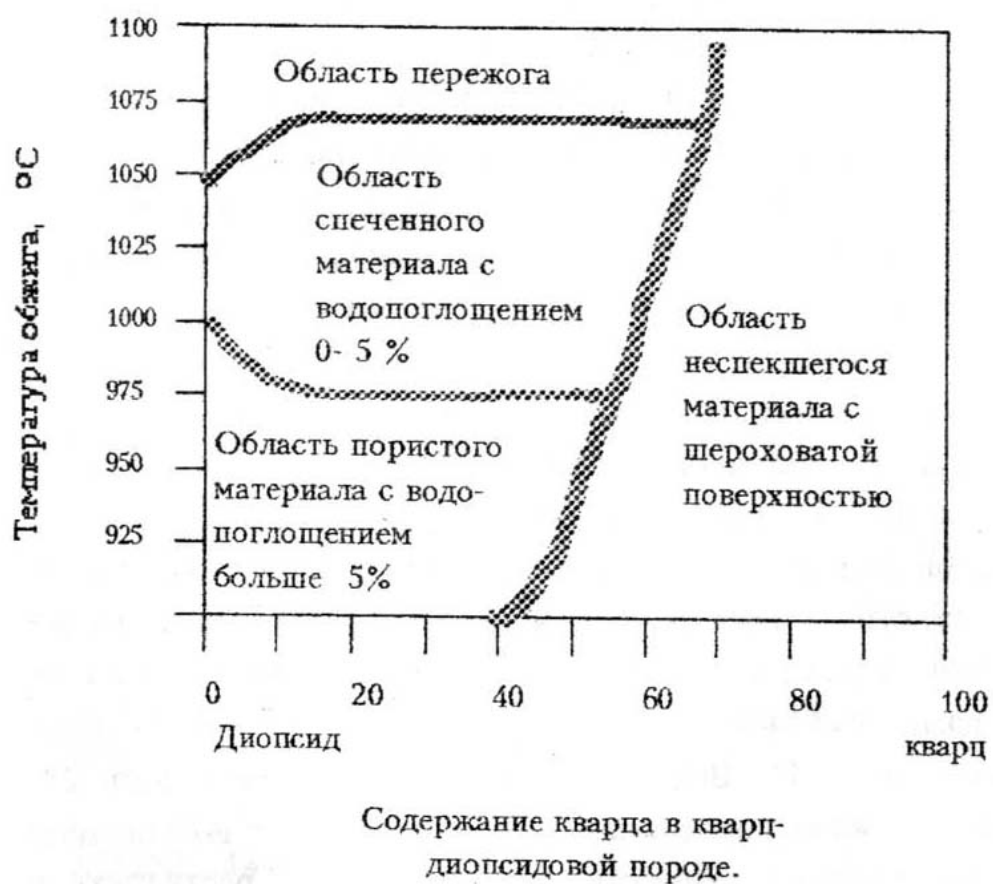


Рис. 1. Влияние соотношения между содержанием кварца и диопсида в составе сырьевых материалов на спекаемость кварц-диопсидовых стекло-кристаллических композиций.

Содержащийся в сырье кварц выполняет роль регулятора вязкости расплава. Экспериментально показано (рис. 1), что требуемое содержание кварца в составе диопсидового сырья для производства диопсидовой керамики составляет 15-35%. Однако, в температурном интервале 900-1050°C потребность в регулировании вязкости расплава диопсидовой керамики не может быть полностью удовлетворена за счет действия кварца.

Обосновано использование добавки калиевых полевых шпатов, как регулятора вязкости расплава, при обжиге керамики с диопсидовой кристаллической фазой в интервале температур 900-1050°C. Плавясь, калиевые полевые шпаты обогащают расплав сразу двумя компонентами, увеличивающими вязкость расплава, а именно K_2O и SiO_2 . Содержащиеся в природных калиевых полевых шпатах включения натриевого полевого шпата не ухудшают спекаемости диопсидовой керамики. Теоретически, наилучшее соотношение между калиевой и натриевой составляющей полевых шпатов составляет 3:1, что соответствует эвтектическому расплаву системы ортоклаз-альбит. Практически, эффективно использование полевых шпатов с калиево-натриевым соотношением 2:1 и более. При формировании диопсидовой керамики полевые шпаты играют двойную роль. С одной стороны, полевые шпаты являются плавнем, повышая вязкость расплава и механическую прочность стеклофазы, с другой - нерастворившиеся зерна полевых шпатов входят в состав кристаллической фазы керамического материала.

В технологии диопсидовой керамики, помимо усилий, направленных на предотвращение снижения вязкости расплава, с ростом температуры особую важность приобретает получение необходимого количества расплава в области пониженных температур. Кроме очевидных преимуществ, связанных со снижением температуры обжига материала, отмечены особенности, характерные для процессов формирования структуры диопсидсодержащей керамики.

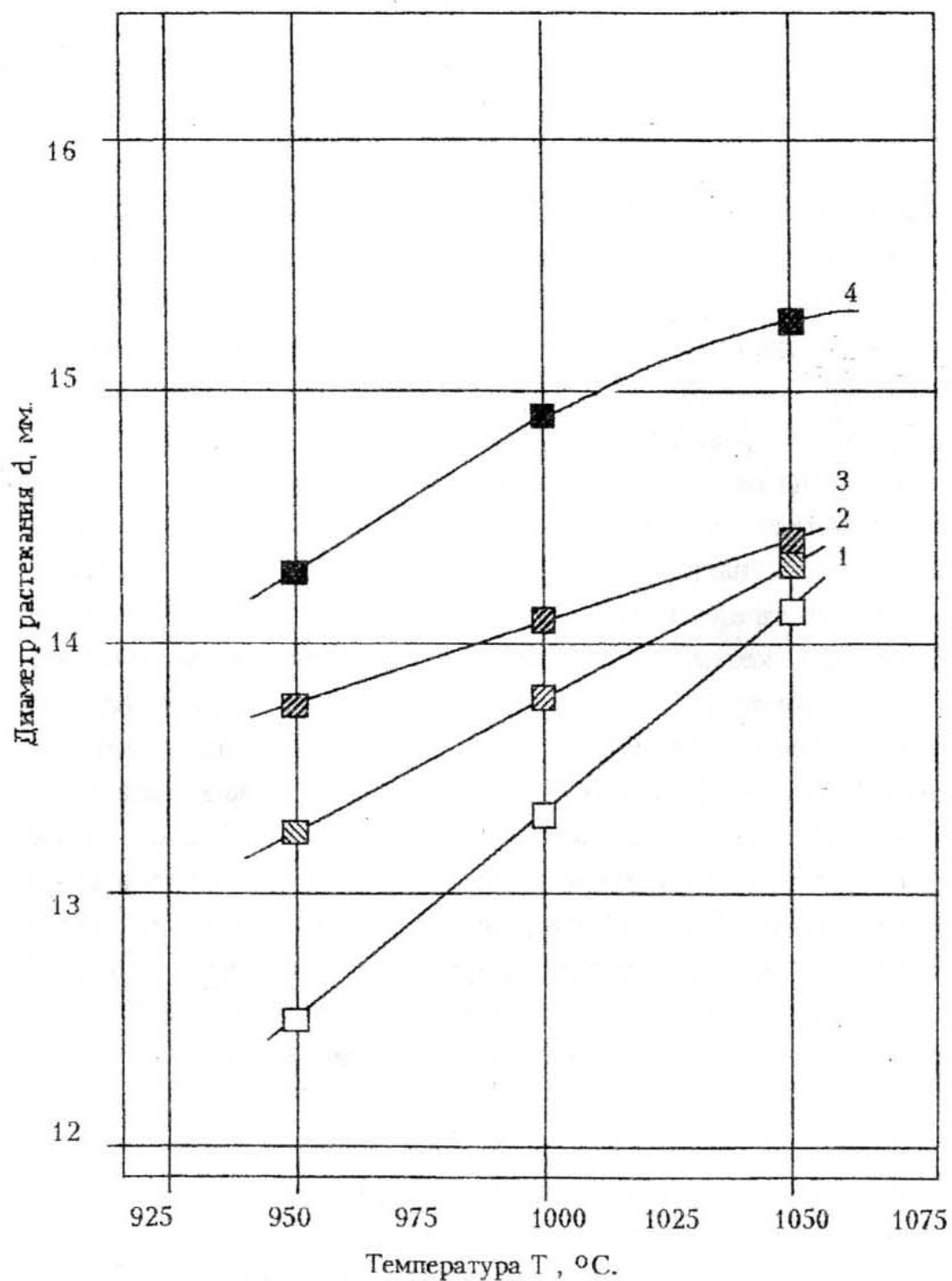


Рис. 2. Зависимость растекания модельных стекол от температуры.

Состав 1-(контрольный) 100% СЛ-96;

Состав 2 - 100% СЛ-96 + 1%: H_3BO_3 ;

Состав 3 - 100% СЛ-96 + 4%: H_3BO_3 ;

Показана возможность снижения температуры появления расплава при введении в состав плавневой системы диопсидовой керамики добавки B_2O_3 . Введение добавки оксида бора осуществлялось путем фриттования порошка стеклобоя с борной кислотой при температуре $800^{\circ}C$, для придания борсодержащему компоненту водонерастворимой формы. Влияние количества добавки бора на вязкость расплава изучено на основе анализа растекаемости капель модельных стекол по черепку диопсидовой керамики при обжиге в температурном интервале $950-1050^{\circ}C$ (рис. 2). Рекомендованы к применению, при разработке низкотемпературных диопсидсодержащих керамических материалов, плавневые системы щелочносиликатных стекол, содержащих 2-2.5% B_2O_3 , в перерасчете на чистый оксид. Отмечено, что одновременно с понижением температуры обжига, при введении добавки B_2O_3 интенсифицируются процессы растворения в расплаве частиц кварц-диопсидовых сырьевых материалов (рис. 3). Следовательно, при снижении температуры обжига диопсидсодержащей керамики путем введения добавки B_2O_3 необходимо одновременно вводить в состав шихты компонент, содержащий калиевые полевые шпаты для регулирования вязкости расплава при спекании материала.

Четвертая глава посвящена разработке составов и технологий получения диопсидсодержащих керамических материалов низкотемпературного обжига.

Рассмотрены вопросы получения пористой керамики на основе диопсида и требования, предъявляемые к керамическим материалам, обжигаемым в температурном интервале $900-1050^{\circ}C$, предназначенным для использования в качестве элементов мембран, фильтров и носителей катализаторов. В число требований включено наличие у материала развитой однородной пористой структуры при удовлетворительной механической прочности.

При разработке состава массы для производству пористой

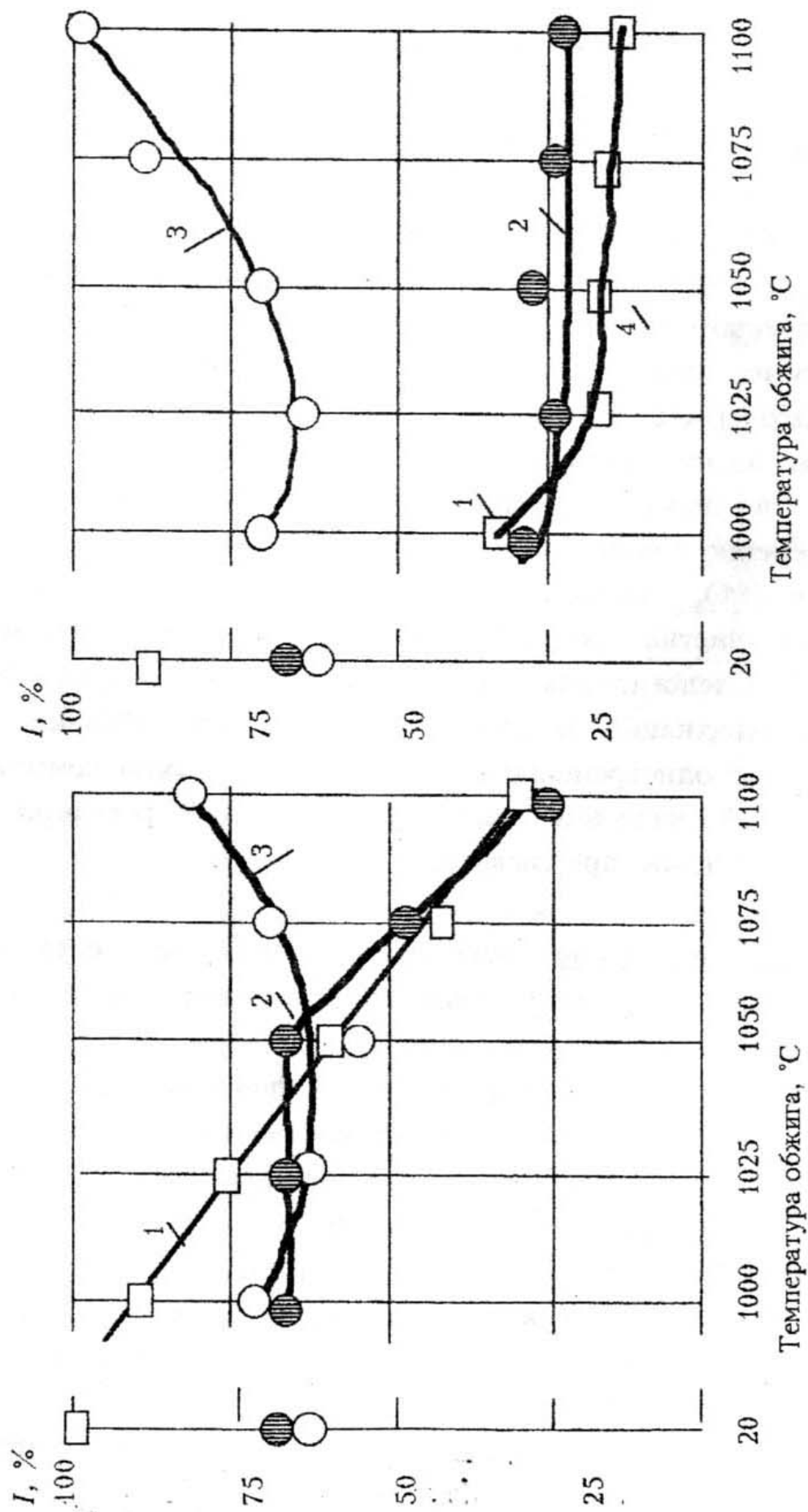


Рис. 3. Изменение рентгеновских отражений минералов в процессе спекания диопсидово керамики: а) без добавки ; б) при добавлении борной кислоты.

диопсидовой керамики исходят из следующих положений. Кристаллическая фаза керамики с заданной пористостью образуется за счет частиц кристаллических минералов, входящих в состав сырьевой смеси. В процессе обжига данные частицы претерпевают лишь незначительные физико-химические превращения. Предпочтительно прохождение процессов формирования структуры минералов по схеме жидкофазового спекания без реакций взаимодействия кристаллической фазы с расплавом. Максимальная пористость керамического материала может быть получена при использовании узкофракционных порошков. Введение большого количества глинистого компонента приводит к формированию малопроницаемых структур с закрытой пористостью. Количество плавнеобразователя в массах для получения пористого керамического материала может быть меньше, чем в шихте для получения плотноспеченной керамики. Роль расплава ограничивается обеспечением припекания зерен наполнителя в месте контакта и частичным заполнением пустот в материале.

Разработанная нами масса содержит в своем составе 34-45 % диопсидовой породы, с содержанием в ней кварца 15-20%. Частицы породообразующих минералов являются зернами "наполнителя" в пористой керамической структуре. Масса содержит 15% стеклобоя СЛ-96. Для придания массе пластичных свойств введено 35-40 % глины Вороновской. Для регулирования вязкости расплава и увеличения механической прочности стеклофазы введены добавки калиево-натриевых полевых шпатов, с содержанием в них калиевого шпата больше 60 %. Получение изделий из данной керамической массы и исследование их свойств проведено совместно с Новосибирским институтом катализа СО РАН.

Исследованы пористые структуры керамических материалов методом ртутной порометрии на поромере высокого давления ПА-ЗМ-1. На рис. 4 приведены результаты исследования пористости изделия,

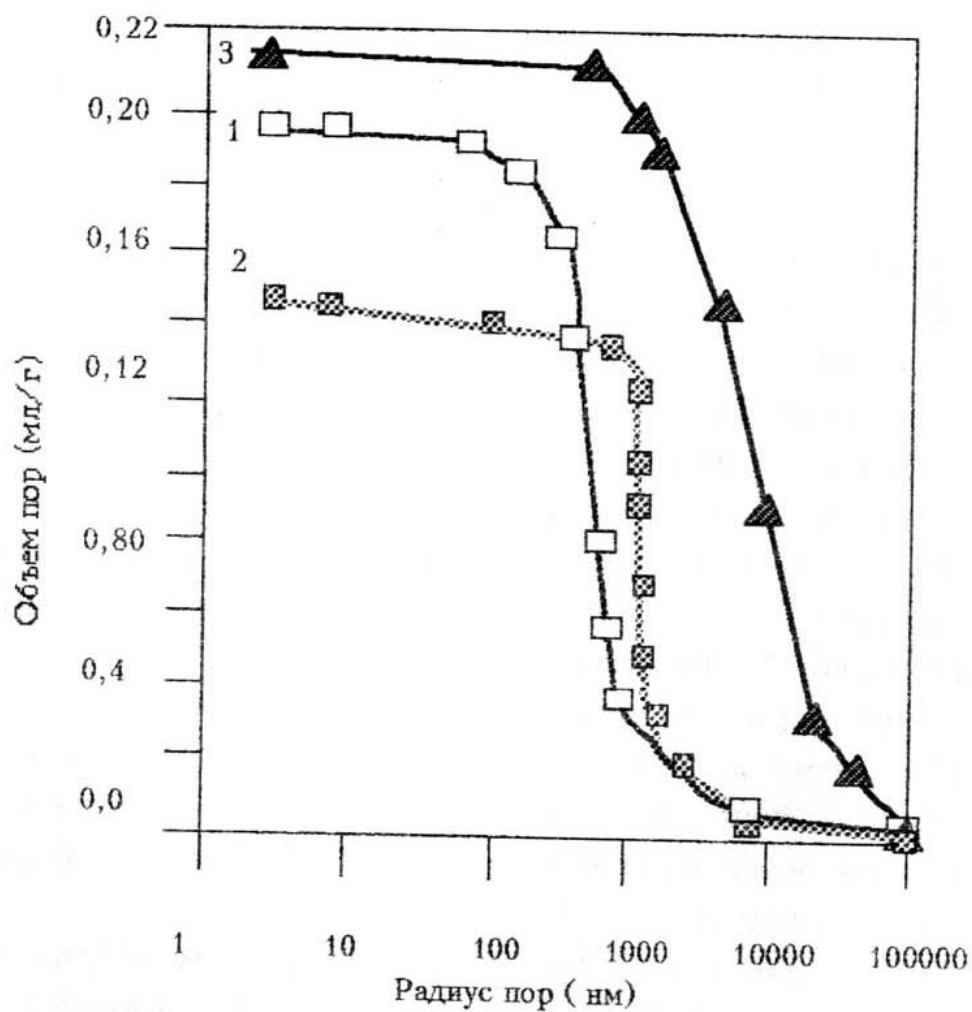


Рис. 4. Кумулятивное распределение открытых пор в керамике, согласно данных ртутной порометрии.

Температура обжига образцов:

диопсидовая керамика: 1 - 900 °C; 2- 1000 °C

алюмосиликатная керамика 3-1000 °C.

сформованного методом экструзии и обожженного при 900°C. Средний эквивалентный радиус пор в образце составляет 0.5-1.5 мкм. Общая открытая пористость материала составляет 0.198 г/м³, из них доля пор с радиусом 1 мкм - 0.150 г/м³, то есть 75 % от общего объема открытых пор. Установлено, что при увеличении температуры обжига с 900 до 1000°C, открытая пористость снижается с 0,198 г/м³ до 0.1481 г/м³. Средний радиус пор увеличивается на 0.4 мкм, а прочность материала повышается с 40 до 50 МПа.

Основные достоинства данного состава выражаются в сочетании узкофракционной пористой структуры с хорошей механической прочностью изделий при температуре обжига керамики 900-1050 °C. Свойства материала обусловлены использованием природных диопсидовых пород в качестве "наполнителя" пористого керамического материала и калиевых полевых шпатов как регулятора вязкости расплава стеклофазы.

Проведены работы по получению диопсидового фарфорового материала с температурой обжига 900-1050 C. Проанализировано влияние количественного соотношения диопсидовых пород, стекла и глинистого компонента в составе шихты на свойства керамического материала.

Установлено, что шихта для получения плотноспеченной керамики с диопсидовой кристаллической фазой должна содержать 20-25 % стеклобоя, до 10% глины. Остальная часть приходится на долю диопсидовых пород с содержанием кварца от 15 до 35 %, формирующих кристаллическую фазу керамики. Показана возможность расширения интервала спекания и повышения прочности керамического материала при замене части диопсидовых пород, в количестве 10 % от массы шихты, на калиево-натриевые полевые шпаты, которые при обжиге выполняют роль регуляторов вязкости расплава (рис. 5). Применен способ снижения температуры спекания керамики путем введения добавки борной кислоты в состав плавня.

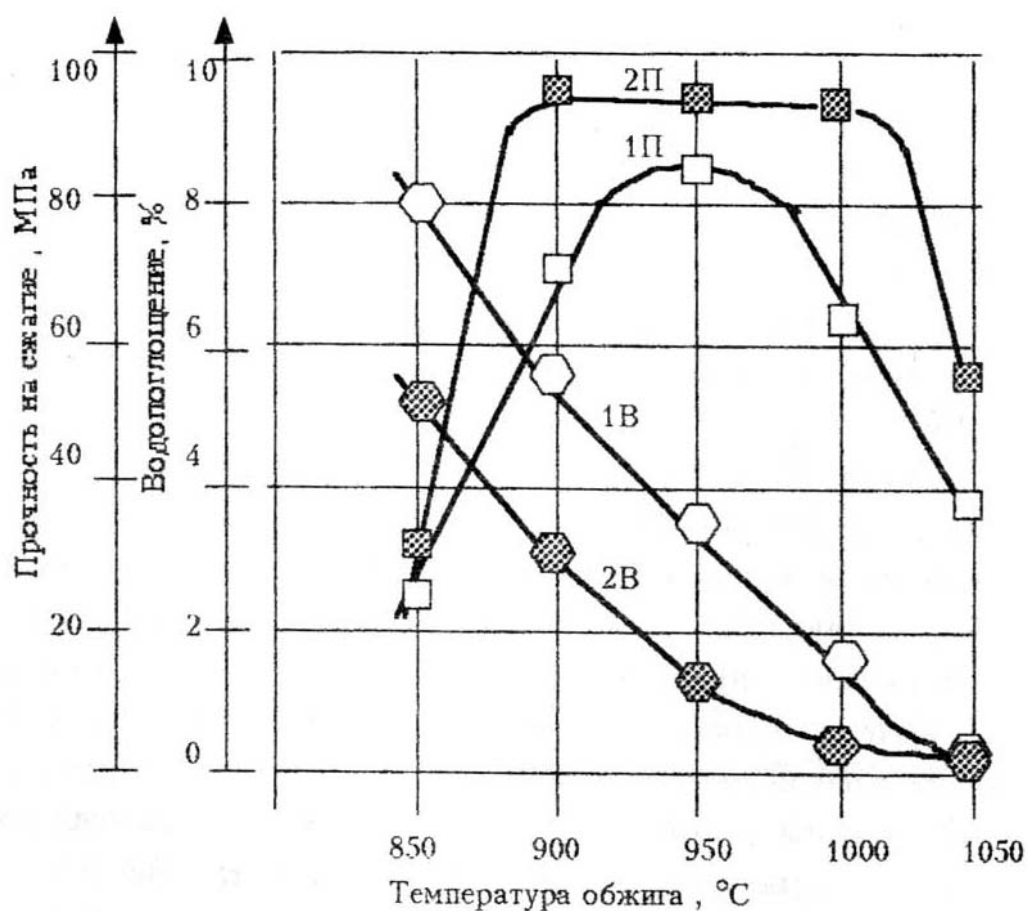


Рис. 5. Влияние добавки калиевого полевого шпата на свойства спеченной стеклокристаллической композиции диоксид-стеклобой.

Состав 1:

75% -диоксид; 25%- стеклобой СЛ-96 + добавка $\text{H}_3\text{B}_2\text{O}_3$.

Состав 2:

65%- диоксид; 25%- стеклобой СЛ-96 + добавка $\text{H}_3\text{B}_2\text{O}_3$,
10%- калиевый полевой шпат.

Кривые 1В и 2В характеризуют изменение водопоглощения, а кривые 1П и 2П - механической прочности составов 1 и 2, соответственно.

Получен спеченный до водопоглощения 0-3% диопсидовый материал с температурой обжига 1000-1050 °С и образцы изделий электротехнического назначения, сформованные методом полусухого прессования.

Выводы.

1. Снижение температуры появления расплава при обжиге диопсидсодержащей керамики осуществляется путем введения в состав щелочносиликатной плавневой системы добавки оксида бора. Введение оксида бора осуществляется путем предварительного фриттования порошка стекла с добавкой борной кислоты. Оптимальное содержание добавки борной кислоты, в случае использования щелочно-алюмосиликатного стекла СЛ-96 в качестве плавня в перерасчете на чистый оксид, составляет 2-2.5 % .

2. Регулирование вязкости расплава при обжиге диопсидовой керамики в интервале температур 900-1050 °С осуществляется путем введения в состав диопсид содержащих керамических масс до 10% добавки калиево-натриевых полевых шпатов, с содержанием калиевого шпата не менее 60 %. Установлено, что введение натриевых полевых шпатов в состав диопсидовой керамики улучшает ее спекаемость, но не является эффективным решением задачи по регулированию вязкости расплава.

3. Стабильно хорошая спекаемость диопсидовой керамики наблюдается при содержании в сырьевой диопсидовой породе от 15 до 30 % кварца. Кварц, содержащийся в диопсидовой породе, является дополнительным регулятором вязкости расплава при спекании диопсидовой керамики, но требуемый эффект достигается только в присутствии добавок полевого шпата.

4. Возможность получения пористого диопсидсодержащего керамического материала с температурой обжига 900-1000 °С, обладающего хорошей механической прочностью в сочетании со структурой материала, в которой основной объем пор представлен узкой фракцией, характеризующейся

постоянным эквивалентным радиусом, обусловлена использованием природного диопсидового сырья в качестве кристаллического "наполнителя" керамики и добавки калиевого полевого шпата, являющейся регулятором вязкость расплава и повышающей механическую прочность стеклофазы.

5. Снижение температуры обжига диопсидсодержащей керамики путем введения добавки V_2O_5 сопровождается необходимостью введения в состав шихты компонента, содержащего калиевые полевые шпаты для регулирования вязкости расплава, так как, действие добавки V_2O_5 проявляется в том, что одновременно с понижением температуры обжига, интенсифицируются процессы растворения диопсида.

6. Для получения плотноспеченного керамического материала при температуре обжига 1000-1050 °С, с водопоглощением 0-3%, с прочностью на изгиб 140-160 МПа, пригодны составы, содержащие до 10% глинистого компонента, 10% полевых шпатов, 20% стекла и 60% диопсидовых пород. При содержании в составе шихты более 10% глины наблюдается изменение физико-химических процессов, проходящих при обжиге диопсидовой керамики, что приводит к увеличению температуры обжига, увеличению пористости и снижению механической прочности керамики.

7. Составы, характеризующиеся постоянством эквивалентного радиуса пор в материале, механической прочностью на сжатие 40-50 МПа и открытой пористостью 16-20%, допускают содержание глины до 35-40%. Состав, содержащий 45% диопсидовых пород, 35% глины, 15% щелочносиликатного стекла и 10 % полевого шпата, обеспечивает получение материала с преобладанием пор с радиусом 1-3 мкм, при обжиге в интервале 900-1000 °С.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Абакумов А. Е. Синтез фарфороподобной диопсидовой электрокерамики. // Тезисы докладов региональной научно-практической конференции. - Томск.- 1994.-С. 152.
2. Алексеев Ю. И., Абакумов А. Е., Абакумова Е. В. Диопсидовый фарфор. // Стекло и керамика. 1995.-№4.-С. 17-19.
3. Верещагин В. И., Абакумов А. Е. Диопсидовый фарфор низкотемпературного обжига.// Стекло и керамика.- 1998.-№8- С. 27-29