

5. Короткивич В.Г., Жигилий С.В. Теория и технология изготовления высококачественных сферообразных оболочек с равномерной толщиной стенки. Сборник трудов первой международной научно-практической конференции //Современные методы проектирования машин. Расчет, конструирование и технология изготовления. – Мн: БНТУ, 2002. – Вып. 1. – Т. 2. – С. 273-276.
6. Исаченко Е.И., Жигилий С.В., Короткивич В.Г. Влияние основных параметров процесса формообразования сферообразных оболочек на напряжения, деформации и утонение стенок заготовки//Машиностроение. – Мн., 2003. – Вып. 19. – С. 485-490.

УДК 666.762

**ФОРМИРОВАНИЕ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ И
СВОЙСТВА ЛЕГКОВЕСНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ
МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОМПЛЕКСНЫХ
ПОРООБРАЗОВАТЕЛЕЙ**

Е.М. Дятлова, С.Л. Радченко
*УО «Белорусский государственный
технологический университет»*

Создание и применение новых более эффективных видов легковесных тугоплавких и огнеупорных теплоизоляционных материалов, совершенствование тепловой изоляции является актуальной задачей современного материаловедения, поскольку приводит к сокращению расхода топлива и энергии, интенсификации теплотехнических процессов, экономии ценного огнеупорного сырья, созданию благоприятных условий труда.

Проведенные ранее исследования [1] показали реальную возможность и целесообразность применения местных сырьевых материалов и отходов промышленности для получения тугоплавких теплоизоляционных материалов. Керамическую матрицу образцов составили местная тугоплавкая глина и огнеупорный наполнитель - шамот алюмосиликатный (бой огнеупорных изделий). Для синтеза материалов была принята классическая схема получения огнеупорных легковесов способом введения и последующего выжигания выгорающих добавок. Создание пористой структуры осуществлялось с использованием таких выгорающих компонентов (порообразователей) как торф, гидролизный лигнин, сапрпель, бурый уголь, кокс каменноугольный, опилки древесные. Ряд синтезированных материалов по своим теплофизическим и прочностным свойствам удовлетворяет требованиям действующего стандарта на легковесные огнеупорные (теплоизоляционные) материалы – ГОСТ 5040-96.

Целью данной работы является исследование структуры и свойств легковесных материалов, полученных с применением комплексных порообразователей.

Введение в состав керамических масс комплекса (комбинации) материалов с определенной целью широко распространено (например, использование комплексных плавней для интенсификации спекания, применение двух и более глин для расширения интервала спекания и т.д.) и позволяет интенсифицировать технологический процесс производства, повысить уровень свойств и др. Однако, исследования, направленные на изучение и использование комбинаций выгорающих компонентов (порообразователей) для образования пористой структуры, не многочисленны.

Для создания пористой структуры использовались комбинации органических, органо-минеральных и минеральных добавок, такие как: лигнин – сапрпель, лигнин – доломит.

Сапропели – органогенные образования пресноводных водоемов, которые начали использоваться сравнительно недавно [2]. Большинство озер Беларуси значительно заилено, в них сосредоточены огромные ресурсы сапропелей – ценного сырья, добыча и использование которого позволяет решить две задачи: очистку и восстановление отмирающих водоемов и использование сапропелей в различных отраслях хозяйства. В работе использовался сапропель оз. Сергеевское карбонатного типа: потери при прокаливании (п.п.п.) – 57 %; содержание СаО в зольном остатке – 77,6 мас. %.

Лигнин – это природный полимер, вещество одеревеневших растительных тканей, которые скрепляют целлюлозные волокна. Гидролизный лигнин получается при гидролизе древесного сырья (щепы, опилок) разбавленной серной кислотой. На территории республики работают два гидролизных завода Речицкий и Бобруйский. Общее количество лигнина (отхода) составляет 6,5 млн.т. [3]. Лигнин вывозят в отвалы, захламывая значительные земельные участки, представляющие собой большую материальную ценность, при этом утрачивается эстетический вид ландшафта, образуются отвалы с повышенной пожароопасностью. В работе использовался лигнин Бобруйского гидролизного завода; п.п.п. лигнина – 95%.

Порообразователь лигнин-сапропель. Выбор данного комплексного порообразователя объясняется тем, что оба компонента обеспечивают формирование развитой пористой структуры легковесного материала, однако, уровень основных эксплуатационных свойств различен: применение лигнина обуславливает высокую пористость и низкие значения кажущейся плотности (800-1000 кг/м³) при невысокой механической прочности (2,5-4 МПа); введение сапропеля определяет более высокую кажущуюся плотность (>1150 кг/м³) и значительную прочность (>10 МПа). Очевидно, что за счет совместного введения указанных порообразователей можно повысить уровень физико-химических свойств. Кроме того, существует возможность целенаправленного формирования структуры материала с обеспечением заданного комплекса основных свойств путем введения указанных выгорающих компонентов в различном соотношении.

Проведенный дифференциально-термический анализ (ДТА) показал, что при нагревании масс с комплексным порообразователем потери массы (термодеструкция) равны соответствующим вкладам компонентов (их сумме), кривая ДТА при этом представляет собой кривую, образованную практически простым сложением составляющих, и значительных смещений в температурных интервалах разложений веществ не отмечается. При помощи ДТА фиксируются пики, соответствующие удалению физически связанной воды, окислению органических компонентов, дегидратации глинистых веществ, разложению карбонатов, присутствующих в сапропеле.

На рис.1 приведены зависимости свойств материалов данной серии от соотношения выгорающих добавок. Из приведенных данных видно, что с увеличением процентного содержания в массе сапропеля и, соответственно, уменьшением лигнина водопоглощение и кажущаяся пористость образцов снижаются, возрастают кажущаяся плотность, коэффициент теплопроводности и механическая прочность при сжатии, что является вполне логичным (параметры основных свойств материалов проявляют свою аддитивность) и объясняются различными значениями п.п.п. использованных порообразователей. Зависимости свойств от соотношения выгорающих компонентов имеют прямолинейный характер. В этой связи представляло определенный интерес изучение особенностей формирования пористой структуры образцов и их фазового состава.

Проведенное исследование с помощью оптической микроскопии (рис. 2а) показало, что решающее влияние на строение синтезированных легковесов оказывает введение лигнина и полученные материалы характеризуются наличием, в основном, анизометричных пор размером до 1,3 мм (при соотношении лигнин / сапропель равном 2 / 1) и формой, соответствующей частицам лигнина. С изменением соотношения порообразователей до 1/2 наблюдается некоторое количество округлых пор размером до 0,5мм, обусловленных частицами сапропеля. Однако, структуры с мелкими изометричными порами, характерной для материалов, полученных с применением сапропеля, даже в

этом случае не отмечается. Очевидно, лигнин существенно разрыхляет структуру материала, поры при этом часто соединяются друг с другом, образуя полости сложной формы.

Повышение прочности образцов с увеличением доли сапропеля в комбинации, очевидно, связано с процессами кристаллизации расплава, образовавшегося за счет взаимодействия СаО зольного остатка с легкоплавкими железистыми эвтектиками, с формированием алюмосиликатов и силикатов кальция. В фазовом составе обожженных



Рисунок 1 - Зависимости свойств легковесов серии лигнин-сапропель от количественного соотношения выгорающих компонентов в комбинации.

образцов отмечены следующие кристаллические фазы: муллит, анортит, гематит, кварц. Зафиксированы также следы кристобалита и шпинельной фазы. С увеличением доли сапропеля повышается количество анортитовой фазы.

Порообразователь лигнин-доломит. По аналогии с сапропелем, представляющим собой естественную органоминеральную композицию, исследуемый порообразователь лигнин-доломит является искусственной органоминеральной добавкой. Указанный комплексный порообразователь составлен с целью получения легковесных материалов с повышенной пористостью. Использовался доломит месторождения «Руба» (Витебская обл.).

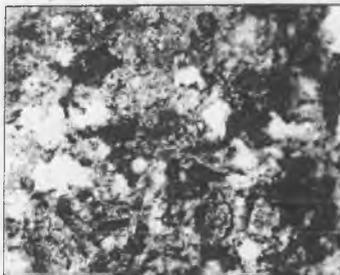
Анализ экспериментальных данных показывает, что с введением и повышением количества доломита происходит формирование более развитой пористой структуры материалов с повышенной кажущейся пористостью и, соответственно, более низкой кажущейся плотностью. Это можно объяснить тем, что процессы порообразования в исследуемых составах, аналогично составам серии лигнин-сапропель, происходят в два этапа: 1) за счет выгорания органического компонента – лигнина; 2) при термообработке минерального (неорганического) доломита, диссоциация которого происходит в температурном интервале 750-900°C с выделением большого количества газообразного продукта. Вклад второй составляющей при образовании пористой структуры тем больше, чем большее количество доломита вводится в шихту, что согласуется с данными ДТА.

Исследование легковесных материалов с помощью оптической микроскопии показало, что в данном случае не происходит образования прочного керамического каркаса.

са: наблюдается много пустот и разрывов в структуре материала, интенсивность процесса спекания снижается, формируется крупнопористая рыхлая структура (рис.2б).

За счет увеличения пористости образцов повышается эффективность теплоизоляции синтезированных легковесов (коэффициент теплопроводности $< 0,28$ Вт/м·К), но, вместе с тем, образование такого типа пористой структуры обуславливает понижение механической прочности до 2,3-2,1 МПа, что значительно ниже требований действующего стандарта. Поэтому введение в лигнинсодержащую массу более 5 % доломита не рекомендуется.

а)



б)

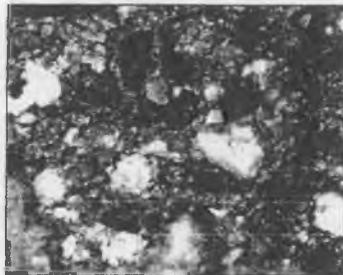


Рисунок 2 - Структура материалов (x12): а – порообразователь лигнин-сапропель, б – порообразователь лигнин-доломит.

Таким образом, исследованием определено, что при использовании комбинации недефицитных выгорающих компонентов можно обеспечить формирование керамических легковесов с более широким диапазоном свойств, чем при введении одного компонента (лигнина или сапропеля). Изменения физико-химических свойств образцов при различном соотношении компонентов комплексного порообразователя связаны с изменением фазового состава материалов и их структуры. Выбор того или иного комплекса порообразователей зависит от содержания поставленной задачи: так, в данном случае, для получения материалов с пониженной кажущейся плотностью и теплопроводностью рекомендуется применение комбинации лигнин-доломит, если же необходимо синтезировать легковес повышенной прочности, то целесообразно введение комплекса лигнин-сапропель.

Список использованных источников

1. Особенности формирования пористых структур керамических материалов с различными выгорающими компонентами Е.М. Дятлова, С.Л. Радченко, Т.В. Колонтаева, В.А.Бирюк // Весці Акадэміі навук Беларусі. Сер. хім. навук. - 2003. - № 1. С. 107-110.
2. Полезные ископаемые Беларуси: К 75-летию БелНИГРИ / Редкол.: П.З. Хомич и др.- Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2002.- 528 с.
3. Белый О.А. Отходы как загрязнители окружающей среды. Проблемы их утилизации и обезвреживания. Новые технологии рециклинга вторичных ресурсов: Материалы межд. науч.-техн. конф. г.Минск, 24-26 октября 2001 г./ БГУ.- Минск, 2001.- С.255-257.

Аннотация

Показана целесообразность применения комплексных порообразователей (лигнин-сапропель, лигнин-доломит) для получения легковесных тугоплавких материалов. Использование комбинации выгорающих добавок позволяет регулировать структуру материалов, их фазовый состав и соответственно обеспечивает формирование легковесов с широким диапазоном свойств (теплопроводность от 0,28 до 0,50 Вт/м·К, механическая прочность от 2,5 до 10 МПа). Установлена взаимосвязь параметров структуры и свойств материалов с особенностями процесса порообразования, а также с количеством и составом зольного остатка.

Summary

Application expediency of complex poreformation as lignine-sapropel, lignine-dolomite for light-weight materials production is shown. Use of a combustible additives combinations permits to regulate materials structure, their phase composition and accordinally allows to formate light-weight materials with a wide range of properties. Thermal conductivity 0,28-0,5 Vt/m·K, mechanical strength 2,5-10 MPa. Parametrs correlation of structure and properties of materials with peculiarities of poreformation process and also with ash residue quantity and composition.

УДК 669.012.7

**РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ПЕЧИ И ВЫБОР
ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ПО МИНИМУМУ РАСХОДА
ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ МЕТОДА МАГИСТРАЛЬНОЙ
ОПТИМИЗАЦИИ**

В.Б. Ковалевский, В.Т. Свирид, В.Н. Папкович
Белорусский государственный технический университет

При рассмотрении процессов нагрева металла почти всегда необходимо создавать математические модели с последующим их использованием для, например, оптимизации этих процессов. Сложность заключается в том, что модель не всегда описывается достаточно просто, а зачастую прямое описание невозможно. Кроме этого, почти всегда неизвестны числовые характеристики процесса. Важно выбрать такую модель, чтобы характеристики можно было определить либо экспериментально, либо из технических данных, а так же погрешности расчета были приемлемыми.

Рассмотрим задачу минимизации расхода газа на нагрев заготовок в печи. Предположим, что нагреваются мелкие детали уложенные вплотную в поддонах. В этом случае, при расчете времени нагрева, их можно рассматривать как сплошное тело, характеризующее коэффициентом эффективной теплопроводности $\lambda_{эф}$ [5]. Для различных типов засыпки рекомендуется различные соотношения для определения коэффициента эффективной теплопроводности.

Так, для засыпки слоистого типа рекомендуется:

$$\lambda_{эф} = \lambda_m \frac{1 - \varepsilon^2(1 - \lambda')}{1 - \varepsilon^2(1 - \lambda')(1 - \varepsilon)}; \quad (1)$$