

УДК 666.3-127

**ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ВЫСОКОПОРИСТОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО БАЗАЛЫТА\***АЛЕКСЕЕНКО Ю.А.<sup>1</sup>, АВДЕЕВ Д.М.<sup>1</sup>, СУДНИК Л.В.<sup>2</sup>, БОЙКО А.А.<sup>1</sup><sup>1</sup> Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Гомель, Беларусь<sup>2</sup> ГНУ "Институт порошковой металлургии" НАН Беларуси, ул. Платонова 41, 220071, Минск, Беларусь*Представлены результаты исследования, направленные на создание изделий из пористых керамических материалов, используемых рядом предприятий Республики Беларусь.***ВВЕДЕНИЕ**

Пористые порошковые материалы в сравнении с существующими на органической (войлок, бумага) и неорганической (керамика, стекло) основах характеризуются большей проницаемостью, прочностью, пластичностью, устойчивостью к тепловым ударам. Они могут работать при температурах свыше 1000 °С, коррозионно-стойки и жаропрочны. Эти материалы выгодно отличаются простотой, экономичностью изготовления, возможностью многократного использования [1].

В технологической схеме производства печатных плат процессы подготовки печатных плат – очистка поверхности, обезвоживание, пайка, защита поверхности лаками, операция нанесения флюсов (канифольных растворов) являются одними из самых ответственных. От качества и равномерного нанесения флюсующего материала зависит качество пайки, осуществляемой на установках пайки волной припоя в автоматическом режиме. Узлом, определяющим однородность растворов флюса, является диффузор-аэратор, обеспечивающий постоянный состав ванны с флюсом и работающих при повышенной температуре. Диффузор представляет собой трубку из пористого химически и термически стойкого материала, обеспечивающего однородную подачу распылительного воздушного

потока при вращении трубчатого элемента. В настоящее время установки подготовки печатных плат комплектуются керамическими диффузорами, приобретаемыми по импорту, которые имеют недостаточный срок службы и высокую стоимость. Известные полимерные и полимерно-кристаллические аэраторы и вспениватели [2, 3] не имеют необходимых потребительских свойств и эксплуатационных характеристик, не обладают требуемой долговечностью, химической и термической стойкостью, а диффузоры на основе металлических порошков – медных, железных – обладают рядом недостатков, а именно: высокой стоимостью, низкой химической стойкостью (особенно в кислых средах) и большой плотностью, что значительно повышает вес изделия, а также быстро теряют проницаемость и разрушаются вследствие высокой смачиваемости в среде спиртовых растворов [4–6].

Таким образом, задача создания керамических высокопористых диффузоров для установок подготовки печатных плат является весьма актуальной для Беларуси.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА**

Для изготовления диффузоров-аэраторов разработана связка, содержащая порошок боя строительного стекла (ГОСТ

\*Автор, с которым следует вести переписку.

\*Работа выполнена в рамках ГНТП "Новые материалы и технологии", задание 2.15.

111-90), борную кислоту (ГОСТ 18704-78), функциональные добавки.

Прочность на изгиб определяли на разрывной машине Р-20 по ГОСТ 18228-85, пористость – методом насыщения в воде по ГОСТ 26849-86. Изучение структуры диффузоров-аэраторов проводили с использованием оптической электронной сканирующей микроскопии, а также методами качественного и количественного анализа по дифрактограмме. Исследованию подвергались как исходные порошки шихты, так и спеченные при различных температурах и спрессованные при различных давлениях образцы. На образцах, полученных при оптимальных параметрах с точки зрения обеспечения высоких эксплуатационных характеристик, исследовали фрактограммы излома при помощи растровой электронной микроскопии и делали оценочные сравнения с полученными шлифами.

Исследование поверхности излома образцов проводились на сканирующем микроскопе “Nanolab-7”, плотности – на автоматическом пикнометре и методом гидростатического взвешивания, поверхность шлифа – на оптических микроскопах по стандартным методикам с обчетом характеристик на приборе “Magiscan”.

#### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ДИФFUЗОРОВ

Диффузоры-аэраторы созданы на основе керамической связки и отходов строительных комбинатов. Использование в качестве готового к употреблению наполнителя – отходов промышленных производств позволит экономить топливно-энергетические и трудовые ресурсы, высвободить производственные площади и оборудование. При этом в определенной степени решаются и проблемы экологического характера, связанные с утилизацией больших объемов отходов. Выбор наполнителей обусловлен тем, что они не нуждаются в предварительной термической обработке.

Связка используется в виде порошковой смеси, что позволяет при смешивании

с наполнителем обеспечить равномерность распределения компонентов по всему объему диффузора.

Первый этап изготовления диффузоров-аэраторов включает в себя приготовление керамической связки по схеме:

1. Помол боя строительного стекла в шаровой мельнице.
2. Навеска исходных компонентов керамической связки.
3. Смешивание исходных компонентов (порошок боя строительного стекла, борная кислота, функциональные добавки) керамической связки в смесителе.

Второй этап получения диффузоров-аэраторов является получение шихты и ее обжиг по схеме:

1. Смешивание полученной связки с наполнителем и временным связующим.
2. Изостатическое прессование полученной шихты в виде трубчатых диффузоров-аэраторов ( $l = 93, 125, 250$  мм;  $\varnothing 45$  мм) с усилием  $5 \div 20$  МПа.
3. Сушка полученных заготовок при температуре  $50 \div 100$  °С.
4. Обжиг полученных заготовок при температуре  $800 \div 1000$  °С.

Формование диффузоров-аэраторов на керамической связке осуществлено по технологии полусухого прессования. Основной технологической операцией изготовления керамических изделий является операция спекания.

Часто механизм спекания исследуют по данным кинетики изменения свойств, и хотя кинетику спекания нельзя описать одним простым уравнением, представление об изменении свойств как функции времени и температуры дает возможную качественную оценку процесса спекания. Процесс спекания описывается в этом случае простейшим уравнением  $x^n \approx t$ , где  $x$  – значение свойства,  $n = 1 \div 7$ .

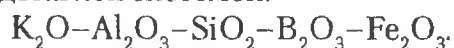
Основные требования, которые предъявляются к формованию диффузоров-аэраторов, связаны с получением изделий заданных форм с требуемой порис-

тостью и обеспечением равномерного или заданного распределения пор (соответственно проницаемости).

### РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Структурные характеристики разработанного материала.** В табл. 1 приведены результаты микрорентгеноспектрального анализа порошка шихты. Показано, что шихта представлена в основном оксидами кремния, кальция и алюминия, которые в процессе термообработки в диапазоне температур 800–1000 °С будут взаимодействовать и образовывать ряд соединений, фазовый состав которых определяется диаграммой состояния CaO–SiO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Рентгеноспектральный анализ показывает, что состав разработанных диффузоров-аэраторов с применением интенсификаторов спекания в виде боя строительного стекла и борной кислоты может быть представлен системой:



Свойства диффузоров-аэраторов определяются фракционным составом наполнителя и связующего, оптимум которого находим из условия создания необходимого размера пор, обеспечивающих нужную проницаемость и пористость. Расчет этих характеристик произведен с использованием методов физико-химической механики

дисперсных систем. Рассмотрена полидисперсная система, в единице объема которой сосредоточено  $m$  частиц полидисперсной системы с диаметром  $d$ . При отсутствии разрушения частиц средний диаметр пор  $d_p$  изделия определяет расстояние между частицами:

$$d_p = d \sqrt[3]{k - 1},$$

где  $d$  – средний диаметр частиц наполнителя;  $k$  – коэффициент, учитывающий плотность упаковки частиц наполнителя.

В связи с тем, что  $d_p$  регламентируется в известных пределах назначением изделия, для нахождения оптимального состава необходимо сначала определить коэффициент  $k$ , для выявления которого проведен ряд экспериментов по исследованию упаковок выбранного наполнителя при полусухом прессовании.

Коэффициент  $k$  для выбранного наполнителя находится в диапазоне 0,57÷0,7.

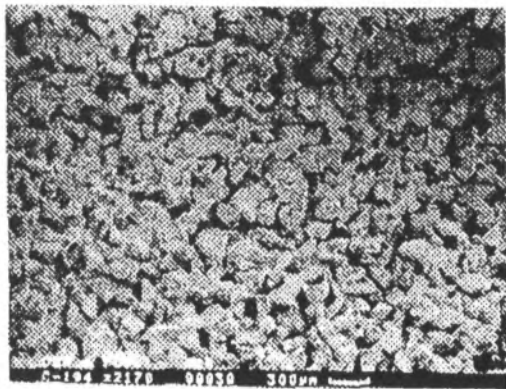
На рис. 1 представлены фрактограммы излома композиционного материала на керамической связке. Видно, что керамическая связка обладает хорошей смачивающей способностью к наполнителю и скрепляет его в прочный каркас, который обеспечивает высокие физико-механические свойства материала.

Исследовано влияние концентрации компонентов керамической связки на свой-

Таблица 1

### Результаты микрорентгеноспектрального анализа порошка шихты

Элемент	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	Cu	Легкие элементы	
Обр.	%	%	%	%	%	%	%	%	
1	0,039	0,566	14,307	2,966	1,795	0,201	0,112	80,014	
2	0,844	3,550	7,929	0,635	18,089	1,021	0,000	67,932	
3	0,264	14,416	6,043	0,500	5,821	0,868	0,829	71,259	
4	0,794	2,046	9,534	0,588	19,527	1,182	0,498	65,831	
5	1,086	2,257	7,198	0,027	13,067	0,851	0,000	75,514	
1	6	0,206	31,114	2,162	0,172	1,540	0,000	2,163	62,643
7	0,104	31,331	8,821	0,849	0,711	0,921	1,577	55,686	
8	0,421	29,375	9,429	0,902	0,536	0,000	0,000	59,337	
9	0,283	22,818	4,954	0,504	5,861	0,000	0,000	65,580	
10	0,094	0,156	5,920	0,709	17,842	0,000	0,000	75,279	
ср	0,414	13,763	7,630	0,785	8,479	0,504	0,518	67,908	



а



Наполнитель      Пора      Связка  
б

Рис. 1. Фрактограммы изломов композиционного материала

ства диффузоров-аэраторов. На рис. 2 приведено влияние концентрации компонентов керамической связки на изменение пористости для образцов различной толщины.

Увеличение содержания количества керамической связки приводит к сниже-

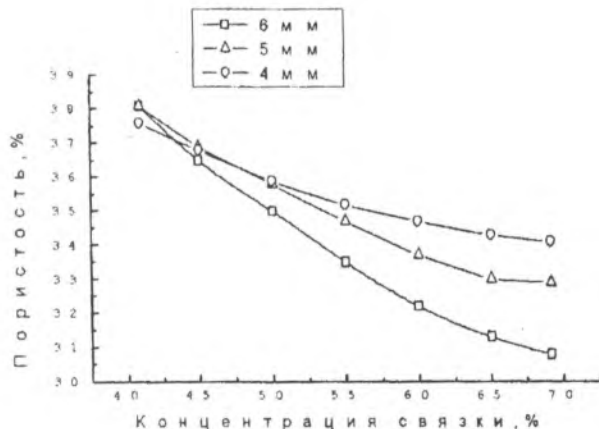


Рис. 2. Изменение пористости материала в зависимости от содержания связки для образцов разной толщины

нию пористости, что связано с диффузионными процессами, взаимодействием и ростом зоны межчастичных контактов.

На рис. 3 представлен характер изменения среднего размера пор от размера частиц наполнителя. Диаметр пор монотонно возрастает с увеличением диаметра частиц наполнителя до 500 мкм, достигая 70–100 мкм.

Полученные диффузоры-аэраторы характеризуются следующими параметрами:

- пористость  $\eta$ , % – 32–35;
- средний диаметр пор  $d_{п.ср.}$ , мкм – 75;
- прочность на изгиб  $\sigma_{и}$ , МПа – 30.

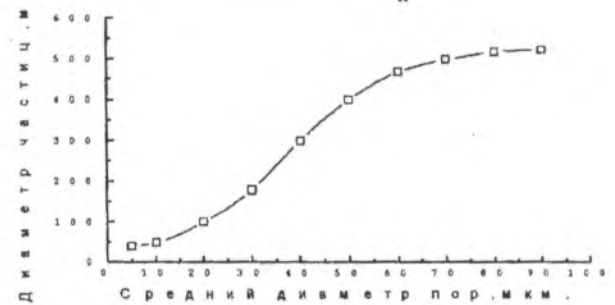


Рис. 3. Характер изменения среднего размера пор от размера частиц наполнителя

Разработанные диффузоры-аэраторы представлены на рис. 4.

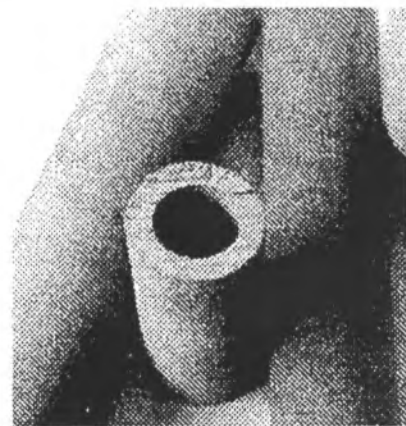


Рис. 4. Разработанные диффузоры-аэраторы

По заказу НИИ ЭВМ (г. Минск) из разработанного материала изготовлены фильтры для фильтрации и очистки оловянно-свинцовых припоев в виде дисков  $\phi = 122$  мм и толщиной  $h = 15$  мм. Представленная технология позволяет получать многофункциональные фильтрующие элементы с высокими технико-экономическими

ми показателями. Так, эксплуатационные испытания показали, что разработанные диффузоры-аэраторы удовлетворяют предъявляемым к линии пайки волной припоя требованиям и рекомендованы для замены используемых ранее титановых фильтроэлементов. Разработана гамма материалов, которая кроме полученных диффузоров-аэраторов может быть использована для фильтрации нейтральных щелочных и слабокислых растворов, аэрации сточных вод.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резюмируя изложенное, следует отметить, что решена основная проблема, возникающая при разработке технологии изготовления пористых изделий из керамики – получение достаточно прочных сырых заготовок, подбор связок или режимов твердофазного спекания, исключающих коробление, деформации и растрескивание изделий при сушке и термообработке.

Функциональной особенностью созданных диффузоров-аэраторов является повышенная проницаемость для воздуха, однородность создаваемых пузырьков, повышенная химическая и термическая стойкость и снижение удельного веса. При этом решается проблема обеспечения белорусского рынка (предприятия электронной, электронно-технической и приборостроительной промышленности) высокопористыми керамическими диффузорами, кото-

рые в настоящее время импортируются из дальнего зарубежья.

Геометрия изделий из разработанных материалов определяется потребителем и может быть как трубчатой (рис. 4), так и в виде пластин, дисков и т.д.

Работа выполняется в рамках задания 47/01 ГНТП “Новые материалы и защита поверхности”

### ЛИТЕРАТУРА

1. Витязь П.А. Капцевич В.М. Шелег В.К. Пористые порошковые материалы и изделия из них. – Мн.: Вышэйшая школа, 1987. – С. 5–6.
2. Керамические диффузоры Brandol-60. Проспект фирмы Шумахер, Германия.
3. Керамические фильтры из нитрида и карбида кремния. Проспект фирмы Шумахер, Германия.
4. Пористые проницаемые элементы из керамико-металлического материала. Рекламный листок БРРНПО “Порошковая металлургия”, Минск, 1991.
5. Шибряев Б.Ф., Павловская Е.И. Металлокерамические фильтрующие элементы: Справочник. – М.: Машиностроение, 1972.
6. Шибряев Б.Ф. Пористые проницаемые спеченные материалы. – М.: Металлургия, 1982.
7. Х. Осами, И. Хидэоми. Материаловедение фильтров, волокнистые фильтры из нержавеющей стали // Киндзоку, Metals and Technol, – 1984. Т. 54, № 12. – С. 19–25.
8. Baumgarther C.E., Zarnoch K.P. Fabrication and characterization of porous lithium-doped nickel oxide cathodes for use in molten carbonate fuel cells, Amer.

## PRODUCTION AND INVESTIGATION OF STRUCTURE OF HIGHLY-POROUS CERAMICS ON THE BASE OF SYNTHETIC BASALT

ALEKSEENKO Y.A., AVDEEV D.M., SUDNIK L.V., BOYKO A.A.

Gomel state technical University of P.O. Sukhoy's name, Gomel, Republic of Belarus

State Scientific Institution “Powder Metallurgy Institute” National Academy of Sciences of Belarus

Results of investigation directed of creation of articles from porous ceramic materials used by some enterprises of Republic of Belarus.