

17. Пат. 4742030 США, МКИ С 04 В 35/48, С 01 G 25/02.

18. Siegel, R.W. Nanostructured materials mind over matter / R.W. Siegel // NanoStructred Materials. – 1994. – Vol. 4, № 1. – P. 121–138.

19. Савкин, Г. Нанотехнологии и создание материалов по замыслу / Г.Савкин, В.Пискунов, К.Жогова, В.Незнамов // Наноиндустрия. – 2007. – № 4. – С. 30–33.

20. Керамические композиционные материалы с нанокристаллической структурой и регулируемой пористостью / Институт физики прочности и материаловедения СО РАН [электронный ресурс]. – 2009.– Режим доступа: <http://www.ispms.ru>. – Дата доступа: 19.08.2009.

21. Романенков, В.Е. Механизм и кинетика формирования наноструктурной керамики при гидратационном твердении алюминиевой пудры / В.Е. Романенков, Н.А. Афанасьева // Порошковая металлургия: сб. науч. статей / НАН Б; редкол.: П.А. Витязь [и др.]. – Минск, 2008. – Вып. 31. – С. 64–69.

22. Петюшик, Е.Е. Структурные свойства пористой керамики, полученной методом гидратационного твердения дисперсного алюминия / Е.Е. Петюшик, Н.А. Афанасьева, В.Е. Романенков // Порошковая металлургия: сб. науч. статей / НАН Б; редкол.: П.А. Витязь [и др.]. – Минск, 2009. – Вып. 32. – С. 169–173.

УДК 621.763

Прохоров О.А.<sup>1</sup>, Ильющенко А.Ф.<sup>1</sup>, Петюшик Е.Е.<sup>1</sup>, Дробыш А.А.<sup>2</sup>

## **О ВЛИЯНИИ СОДЕРЖАНИЯ ШТАПЕЛИРОВАННОГО УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА НА ХАРАКТЕРИСТКИ ЗАГОТОВОК УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

<sup>1</sup> ГНПО Порошковой металлургии; <sup>2</sup> БНТУ, г. Минск

Благодаря уникальным свойствам, чрезвычайно высокой химической стойкости, термочности, термостойкости и удельной прочности углеродные композиционные материалы (УКМ) нашли

применение в качестве носителей катализаторов, материалов для изготовления подшипников скольжения, тормозных дисков, нагревателей, тепловых экранов, чехлов для термопар и других деталей высокотемпературной техники. УКМ используются в качестве конструкционных элементов при температуре до 2100°C и нагревательных элементов при температуре до 2500°C в вакууме, нейтральной и восстановительной средах, а также до 250°C в условиях окислительной среды (воздух) [1].

В общем виде УКМ состоят из углеродных (графитовых) волокон (УВ) и матрицы, полученной карбонизацией (графитацией) углеродсодержащего связующего. Основной стратегией для изготовления УКМ является создание препрегов – заготовок, определяющих структуру композита, – их сборки, пиролиза связующего и пропитки матричными материалами, в качестве которых могут применяться металлы, разлагаемые соли металлов, либо карбонизирующиеся вещества (пеки, фенолформальдегидные, эпоксидные и фурановые смолы) [1].

Для изготовления длинномерных тонкостенных изделий, например колпачков термопар, эффективным является применение гидростатического уплотнения шихты, содержащей дискретные (штапелированные) УВ, и карбонизирующееся связующее. Для снижения усадочных напряжений и минимизации количества связки в состав шихты целесообразно вводить порошкообразный графит.

Целью настоящего исследования является изучение влияния концентрации штапелированного углеродного волокна на плотность и пористость заготовок УКМ.

Штапелированную (длиной 2..3 мм) углеродную нить Урал Н-70 и углеродный ровинг Panex® смешивали со связкой и прессовали в гидростате при давлении 60 МПа. В качестве связки использовали среднетемпературный каменноугольный пек 10 % и графит марки ГК – 90 %. Количество УВ варьировали от 10 до 25 %.

Часть образцов пропитывали смолой, полученной растворением 40 г пульвербакелита в 60 мл этилового спирта, в вакууме в течение 1 часа. После пропитки образцы сушили при комнатной температуре в течение суток. Отверждение смолы проводили на воздухе в печи сопротивления «Naber» при температуре 200°C в течение 1 часа. Скорость нагрева составляла 2°C/мин.

Образцы для карбонизации помещали в графитовую лодочку с крышкой и засыпали графитовой крупкой.

Карбонизацию проводили в вакуумной печи СНВ 1.3.1/160-И1 при температуре 1300°C в течение 20 минут. Фотография полученных образцов представлена на рисунке 1.

Для определения пикнометрической плотности ( $\rho_m$ ) образцы пропитывали водой в вакууме в течение 4 часов. Образцы взвешивали в воде ( $m_v$ ). После взвешивания образцы высушивали до постоянной массы по следующему режиму: 90°C – 1 час, 150°C – 1 час.



Рис. 1. Образцы после пиролиза: дальний ряд – без пропитки бакелитовой смолой, ближний – с пропиткой

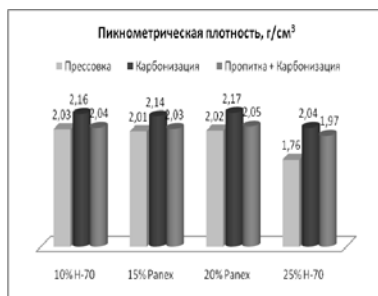


Рис. 2. Влияние состава и режимов обработки на пикнометрическую плотность



Рис. 3. Влияние состава и режимов обработки на кажущуюся плотность



Рис. 4. Влияние состава и режимов обработки на пикнометрическую плотность

Объем материала определяли по формуле:

$$V_M = (m_0 - m_v) / \rho_v, \quad (1)$$

где  $m_0$  – масса образца, высушенного на воздухе до постоянной массы;  $\rho_v$  – плотность воды ( $\sim 1 \text{ г/см}^3$ ).

Пикнометрическую плотность материала определяли по формуле:

$$\rho_m = m_0 / V_m. \quad (2)$$

Следует отметить, что полученные значения пикнометрической плотности отличаются от фактической плотности материала вследствие наличия в последнем закрытых пор и субмикроскопических пор, не пропитываемых водой.

Для определения кажущейся плотности и пористости, высушенные образцы парафинировали. Плавление парафина проводили на водяной бане. Затем образцы взвешивали на воздухе ( $m_n$ ) и в воде ( $m_{пв}$ ). Объем образцов определяли по формуле:

$$V = (m_n - m_{пв}) / \rho_v. \quad (3)$$

Кажущуюся плотность – по формуле:

$$\rho = m_0 / V. \quad (4)$$

Открытую пористость (в %) – по формуле:

$$П = (1 - V_m / V) \cdot 100 \%. \quad (5)$$

Анализ результатов исследований, представленных на рисунках 2 – 4, позволяет сделать следующие основные выводы.

Увеличение количества УВ способствует повышению степени дефектности образцов. Об этом свидетельствует падение кажущейся плотности и увеличение открытой пористости образцов после карбонизации. Это явление, по-видимому, связано с релаксацией упругих напряжений, возникших в результате прессования, в волокнах, хаотически распределенных в материале, за счет микрорастрескивания матрицы. Увеличение количества волокна до 25 % приводит к резкому падению плотности (как кажущейся, так и пикнометрической).

Высокие значения пикнометрической плотности образцов, содержащих 10..20 % УВ, после карбонизации (2,04..2,17 г/см<sup>3</sup>) свидетельствуют об отсутствии в них закрытой пористости. Снижение пикнометрической плотности образцов, содержащих 10..20 % УВ, после пропитки смолой и карбонизации в сравнении с образцами без пропитки на 5,1..5,6 %, а также снижение открытой пористости с одновременным снижением плотности в результате пропитки, свидетельствуют, по-видимому, о формировании в образцах, пропитанных смолой, пор закрытого типа и нецелесообразности такого вида обработки. Увеличение плотности образцов может быть достигнуто пропиткой карбонизированных образцов расплавом пека.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Meetham, G.W. High temperature materials – a general review / G.W. Meetham // J. Mater. Sci. – 1991. – Vol. 26. – P. 853-860.
2. Motgan, P. Carbon fibers and their composites / P. Morgan. – CRC Press, 2005.

УДК 67.09.55

Сидоренко Ю.В., Коренькова С.Ф.

### **СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИЛИКАТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПОЛУЧАЕМЫЕ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИМ ТЕХНОЛОГИЯМ**

*ГОУВПО «Самарский государственный  
архитектурно-строительный университет», г. Самара, Россия*

*Among modern-looking building materials should be noted silicate bricks and stones, made by resource-saving technologies. It is interesting to study and modeling of the mechanism of contact-condensation unstable lime-silica system at various levels of its hierarchy.*

Стабилизация производства и постоянное наращивание объемов выпуска строительных материалов и изделий, социальная программа по увеличению количества жилья в течение ближайших лет требуют совершенствования технологических процессов по выпуску строительной продукции, отличающейся улучшенным качеством и конкурентоспособностью. В частности, одной из востребованных задач строительной промышленности XXI века является развитие отечественного производства высокоэффективных мелкоштучных силикатных стеновых и отделочно-облицовочных материалов и изделий, которые изготавливаются по малоэнергоёмким и ресурсосберегающим (например, неавтоклавным) технологиям [1–2]. По сравнению с традиционной автоклавной технологией выпуска силикатных изделий неавтоклавная технология существенно расширяет подмножество управляющих воздействий на твердеющую известково-кремнеземистую систему. Однако данная технология пока не получила своего широкого применения, что связано с нерешенными вопросами управления структурно-реологических свойств