

PACS: 81.15.Gh, 81.60.-j

А.И. Изотов, В.В. Сироткин, Г.В. Кильман, Р.В. Шалаев

## ПОЛУЧЕНИЕ НАНОСТРУКТУРНЫХ КОМПОЗИТОВ В УСЛОВИЯХ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ФЛЮИДА

Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина

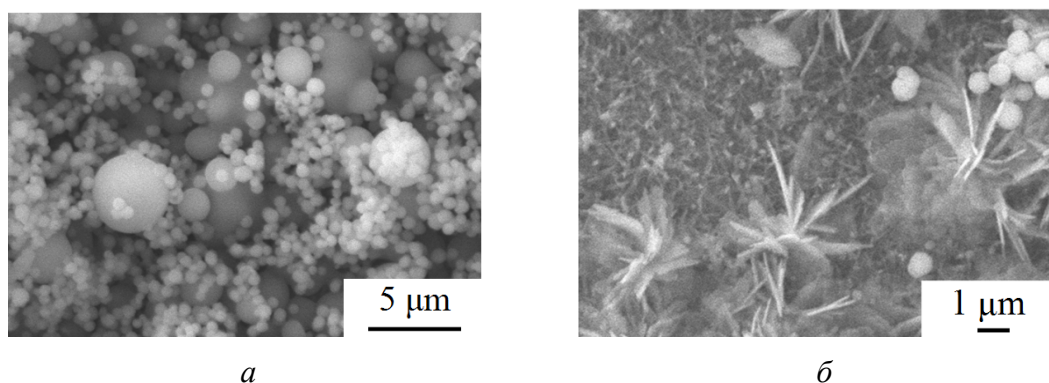
Статья поступила в редакцию 7 мая 2020 года

*Получено несколько видов наноструктурных композитных материалов при помощи сверхкритического флюида. В качестве прекурсоров использованы углеродные пленки.*

**Ключевые слова:** сверхкритический флюид, наноструктурные композиты

Композитные материалы на сегодняшний день широко востребованы в различных прикладных областях. В частности, структуры вида ядро–оболочка рассматриваются в качестве строительных блоков для таких приборов электроники и фотоники, как конверторы энергии, устройства для ее хранения, разнообразные сенсоры. Покрытия повышенной твердости с возможностью осаждения на поверхностях различной конфигурации могут использоваться для защиты и упрочнения деталей [1]. Многие получаемые сегодня композиты отличаются не только прочностью, но и высокой оптической прозрачностью, а также рядом других важных характеристик, которые делают такие материалы перспективными в прикладных областях.

В данной работе рассматривается возможность получения сложных композитных материалов с помощью сверхкритического флюида (СКФ). Эта возможность связана с рядом особенностей сверхкритических сред – их высокой растворяющей способностью, быстрым массопереносом и сочетанием низкой вязкости и высокого коэффициента диффузии с пренебрежимо малым межфазным натяжением, что позволяет СКФ сравнительно легко проникать в пористые среды [2,3]. На рис. 1 представлены SEM-изображения образцов, полученных нами в условиях СКФ. В качестве прекурсоров использовали пленки  $CN_x$  на стеклянных подложках, полученные методом магнетронного распыления графитной мишени в азотной атмосфере. Плазму создавали с помощью магнетрона планарной конструкции с плоским катодом и кольцевым анодом. Полученные пленки помещали в камеру СКФ, температура в которой составляла  $250^\circ C$ , а давление – 85 atm. Обработка длилась 4–5 h. В качестве растворителя использовали водный 25%-ный раствор аммиака.



**Рис. 1.** SEM-изображения композитов, содержащих в составе Si, O, Cu (*a*) и Si, O, Zn, C (*б*)

Рассмотрим композит, представленный на рис. 1,*a*. Согласно данным сканирующей электронной микроскопии в более мелких сферических частицах содержатся Si, O, Cu, а в более крупных – только Si и O. Наличие в составе композита кремния объясняется тем, что во время обработки СКФ произошло частичное растворение стеклянной подложки. Медь же в небольшом количестве могла попасть в конечный материал из медной прокладки, используемой в камере высокого давления, так как прокладка тоже подвергалась воздействию сверхкритического флюида. Из этого можно сделать вывод, что в будущем при работе с агрессивными веществами (в частности, с аммиаком) следует использовать прокладки из других материалов.

Композит, представленный на рис. 1,*б*, имеет несколько иной химический состав. Кроме того, он заметно отличается от первого образца по своей структуре. Помимо сферических частиц, содержащих углерод, в нем присутствуют образования сложной формы, в которых обнаруживаются O, Si, Zn.

Как видим, полученные образцы отличаются разнообразием структуры и химического состава. Продолжив работу в этом направлении, предположительно можно изготовить композиты с заранее заданными свойствами. Таким образом, экспериментальные данные позволяют сделать вывод о перспективности использования СКФ при разработке новых методик получения сложных композитных материалов.

1. *А.В. Андреев, А.Д. Коротаев, И.Ю. Литовченко, А.Н. Тюменцев, Д.П. Борисов*, Физическая мезомеханика **18**, № 1, 73 (2015).
2. *А.Б. Бекетова, Ж.М. Касенова*, Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева № 4, 249 (2012).
3. *Д.Ю. Залепугин, Н.А. Тилькунова, И.В. Чернышова, В.С. Поляков*, Сверхкритические Флюиды: Теория и Практика **1**, № 1, 27 (2006).

*A.I. Izotov, V.V. Sirotkin, G.V. Kilman, R.V. Shalaev*

## PRODUCTION OF NANOSTRUCTURED COMPOSITES UNDER SUPERCRITICAL FLUID CONDITIONS

Several types of nanostructured composite materials were obtained with using a supercritical fluid. Carbon films are used as precursors.

**Keywords:** supercritical fluid, nanostructured composites

**Fig. 1.** SEM-images of composites containing Si, O, Cu (*a*) and Si, O, Zn, C (*b*)