

УДК 621.762.2

Д. В. Куис, доц., канд. техн. наук;
 Н.А. Свидуневич, проф., д-р техн. наук; Г. П. Окатова, ст. науч. сотр.;
 А.С. Раковец, ассист.; Ю.Г. Рудько, магистрант;
 Д.Д. Гордиенко, студ. (БГТУ, г. Минск)

ТЕХНОЛОГИЯ СИНТЕЗА В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЙ И ТЕМПЕРАТУР МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НАНОУГЛЕРОДА, БОРА, ПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

Методом высокоэнергетической консолидации путем легирования бором ранее [1] полученного композита на основе экстрагированной фуллереновой сажи $C_{Эфс}-10\%Fe$ получен новый сверхлегкий, изотропно высокотвердый углерод-бор-железный аморфно-нанокристаллический композит с высокой трещиностойкостью и упругостью состава $C_{Эфс}-10\%B-10\%Fe$.

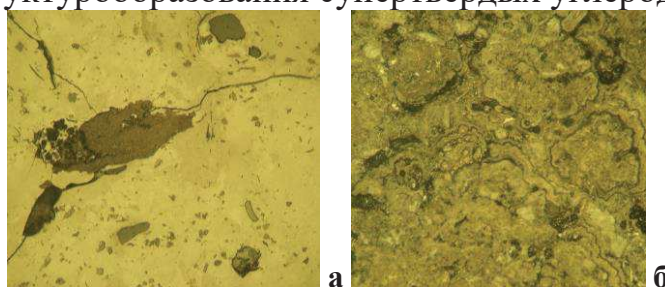
Композит C-B-Fe имеет высокотвердую аморфную углеродную основу, заполненную упрочняющими ее кристаллитами карбидов и боридов Fe и карбоборидов различной степени дисперсности, включениями супертвердых частиц углеродной фазы и частицами на основе Fe-C.

В лучших образцах композита микротвердость
 – включений супертвердых частиц – до 100 ГПа,
 – аморфной углеродной фазы-основы – в пределах 29...89 ГПа,
 – частиц на основе Fe-C – 11,95...15,75 ГПа, что в ~1.5–2 раза выше обычного карбида железа.

При всей положительности характеристик полученного композита он имеет существенный недостаток – пониженную режущую способность в сравнении с полученными нами ранее образцами на основе Fe-10% $C_{MWNТ}$ (многостенные нанотрубки), которые имели существенно более высокую режущую способность – на стекле делались надрезы краем образца и затем по этим резам получался надлом.

При выполнении работ в 2020 г. в качестве исходных компонентов для получения образцов гетерофазных композитов использовался только нанодисперсный углерод (не содержащая фуллеренов экстрагированная фуллереновая сажа) без добавок бора и переходных металлов. Образцы композита не имеют зерненной структуры – ни до, ни после травления она не выявлена, что характерно для аморфного состояния. Композиты представляют собой сплошную углеродную серую фазу-ос-

нову, содержащую ряд ее модификаций различных оттенков (супертвердые частицы с различной морфологией поверхности (рисунок 1) – рельефы «зигзаг» и «крапчатый», «гладкая темно-серая фаза» с острой или округлая (мало частиц). Определено, что по структурному состоянию и уровню свойств (Н $\square\square$ фазы основы до 20 ГПа, меньшее количество сверхтвердой фазы с Н $\square\square$ до 60-80 ГПа, недостаток в режущей способности) полученные образцы уступают композитам с добавками бора и железа, что подтверждает ранее выдвинутую гипотезу о механизме структурообразования супертвердых углеродных частиц.



**Рисунок 1 – Микроструктура образца Эфс25 в СМ:
а – общий вид, x100; б – сверхтвердая фаза, x500**

Проведенные исследования в совокупности с ранее полученными результатами по данной тематике позволяют научно-обоснованно определить составы и технологические режимы получения разрабатываемых композитов: проведение спекания образцов композита СЭфс+3-7%B+20-50%Fe при повышенных температурах (1300-1500°C от 30 до 120 с) с обеспечением получения образцов с увеличенным до 30–40% количеством равномерно распределенных особотвердых частиц на основе нового по структуре и свойствам "карбида железа" с аморфизированным углеродным слоем на поверхности частиц Fe и микротвердостью HV300-500 до 100 и > ГПа.

Полученный композит по своему структурному состоянию, изотропной супертвердости, трещиностойкости и упругости, низкой плотности может иметь широкое применение как износостойкий, абразивный и конструкционный материал, изготовленный на дешевом безфуллереновом сырье.

ЛИТЕРАТУРА

1. D. V. Kuis, G. P. Okatova, N. A. Svidunovich, A. S. Rakavets, V. S. Urbanovich, A. I. Sedov, S. N. Lezhnev, E. A. Panin Structure formation of composite based on nanocarbon with the addition of iron-doped amorphous boron in conditions of high pressures and temperatures // Nano-science and Technology: An International Journal, Volume 10, Issue 4, 2019. P. 339–353.