

УДК 621.762.4 + 621.785.3

**ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, АРМИРОВАННЫХ СВЕРХУПРУГИМИ ТВЕРДЫМИ УГЛЕРОДНЫМИ ЧАСТИЦАМИ**

Вианнэ Буайо

*Магистр 1 года,**кафедра «Материаловедение»**Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана**Научный руководитель: Л. В. Федорова,**доктор технических наук, профессор кафедры «Материаловедение»*

Фуллерен – одна из аллотропных модификаций углерода, наряду с алмазом и графитом. Это молекулярное соединение представляющее собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из чётного числа атомов углерода (рис. 1, а и рис. 1, б). Они стабильны до 800 °С. Эти молекулы образуют кристаллическую решетку со слабыми Ван-дер-Ваальсовыми связями (рис. 1, в). Такие молекулярные кристаллы называются фуллеритами.

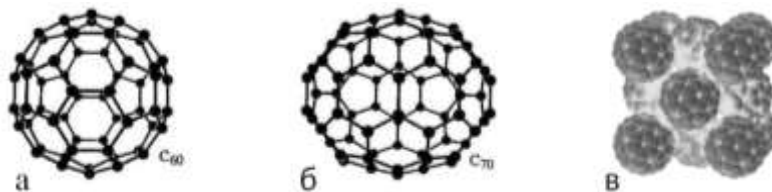


Рис.1. Схемы строения молекул фуллерена  $C_{60}$  (а),  $C_{70}$  (б) и фуллерита (в)

Превращение фуллеритов под давлением позволяет получать объемные сверхупругие и твердые углеродные материалы, которые можно использовать в качестве армирующих частиц для металлических композиционных материалов [1].

Изучение термической стабильности армирующих частиц в металлической матрице позволяет прогнозировать интервал рабочих температур композиционных материалов. Поэтому целью данного исследования являлось изучение влияния температуры отжига на физико-механические свойства этого материала, такие как твердость  $H_{IT}$ , модуль упругости  $E_{IT}$ , упругое восстановление при индентировании  $\eta_{IT}$ .

Металломатричные композиционные материалы (КМ) синтезированы из порошков кобальта с 10 вес. % неразделенной смеси фуллеренов  $C_{60}$  и  $C_{70}$ . Термобарические условия синтеза (800 °С, 8 ГПа) обеспечивали коллапс фуллереновых молекул, превращение их в частицы сверхупругой твердой углеродной фазы и одновременное спекание КМ. Исследование микроструктуры образцов и измерение физико-механических свойств (ГОСТ Р 8.748-2011) при комнатной температуре проводили с помощью динамического микротвердомера DUN-211 (Shimadzu, Япония), а при повышенных температурах (20... 500 °С) - на установке NanoTest (Micro Materials Ltd, Великобритания). Дилатометрические исследования проводили на 100 % углеродных образцах, синтезированных из фуллеренов при тех же условиях, на высокоскоростном термическом дилатометре DL-1500-RH.

В микроструктуре синтезированных КМ (рис. 2) наблюдаются гладкие однородные включения армирующей углеродной фазы размером до 200 мкм. Для этих

включений характерны высокие значения твердости и упругого восстановления  $R$  ( $H_{IT} = 24-33$  ГПа,  $E_{IT} = 120 - 150$  ГПа,  $R > 80\%$ ).

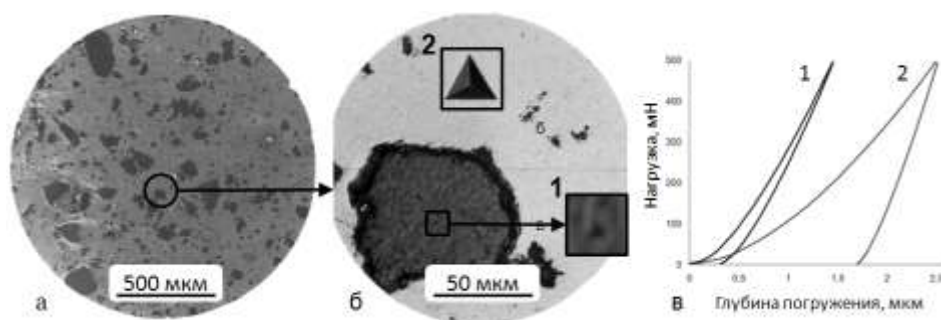


Рис. 2. Микроструктура КМ, полученного из кобальта и неразделенной смеси фуллеритов (а) с отпечатками индентора (б) и соответствующими им кривыми индентирования (в) для армирующих частиц (1) и матрицы (2) до отжигов

При высокотемпературном индентировании углеродных частиц не выявлено существенных изменений в твердости и упругом восстановлении при повышении температуры измерения до 400 °С. При 500 °С твердость значительно снижается и существенно возрастает остаточная деформация (кривая 1 рис. 3). Этот эффект совпадает с температурой начала графитизации, установленной по результатам исследования теплового линейного расширения таких углеродных фаз (перегиб на кривой 2 рис. 3).

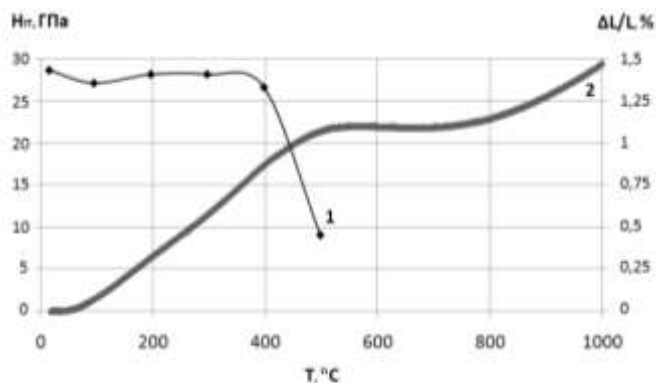


Рис. 3. Температурная зависимость твердости углеродных частиц в КМ (1) и относительного удлинения углеродного образца (2).

## Литература

1. Черногорова О.П., Дроздова Е. И., Блинов В. М., Овчинникова И.Н. Влияние давления на образование сверхупругих твердых частиц в системе металл-фуллерен и трибологические свойства композиционных материалов, армированных такими частицами // *Металлы*. – 2011. – № 2. – С. 63-70.