

Письма в редакцию

УДК 621.921.34:621.921.34–413:621.923.4:662.23.05

Е. Е. Ашкинази (г. Москва)
А. А. Шульженко, В. Г. Гаргин, А. Н. Соколов,
Л. И. Александрова, В. Н. Ткач (г. Киев)
В. Г. Ральченко, В. И. Конов, А. П. Большаков,
С. Г. Рыжков (г. Москва)
Р. К. Богданов, А. П. Загора, М. В. Супрун (г. Киев)

Алмазный поликристаллический композиционный материал с дисперсно- упрочненной добавкой на основе никеля

При высоком давлении и температуре с использованием в качестве активирующих процесс спекания добавок порошков никеля, кобальта и нанопорошка карбида вольфрама получен алмазный поликристаллический композиционный материал с улучшенными физико-механическими характеристиками. Изготовлены образцы такого материала, армированные при высоком давлении и температуре поликристаллическим CVD-алмазом.

Ключевые слова: нанопорошки, композиционный материал, спекание, никель, карбид вольфрама, CVD-алмаз.

Спекание алмазных поликристаллических композиционных материалов (АПКМ) осуществляется в области термодинамической стабильности алмаза, согласно фазовой диаграмме, при давлении 4–9 ГПа и температуре 1500–2200 К. Обычно спекание микропорошков алмазов происходит совместно с активирующими процесс спекания добавками, такими как кобальт или кремний. Для получения АПКМ с высокими (до 1500 К) значениями термостабильности в качестве активирующей добавки используют кремний, а для спекания АПКМ, предназначенных для оснащения инструментов, работающих в наиболее тяжелых условиях эксплуатации – кобальт. Однако высокая стоимость и дефицит этого металла, а также экологические аспекты его использования стимулировали ряд попыток [1] заменить его другим металлом, близким по свойствам, в частности никелем.

Известно, что никель в условиях высокого давления и температуры хорошо смачивает алмаз (графит). Так, угол смачивания графита никелем при давлении 8 ГПа и температуре 1800 °С – 21°, а кобальтом – 42°. Ранее было установлено, что добавление порошков карбида вольфрама к порошку ко-

© Е. Е. АШКИНАЗИ, А. А. ШУЛЬЖЕНКО, В. Г. ГАРГИН, А. Н. СОКОЛОВ, Л. И. АЛЕКСАНДРОВА, В. Н. ТКАЧ,
В. Г. РАЛЬЧЕНКО, В. И. КОНОВ, А. П. БОЛЬШАКОВ, С. Г. РЫЖКОВ, Р. К. БОГДАНОВ, А. П. ЗАГОРА, М. В. СУПРУН

бальта, который является связующим, увеличивает прочность композиционного материала [2]. Известно, что никель обладает лучшими физико-механическими характеристиками, чем кобальт. Так, например, ударная вязкость никеля в 37 раз выше, чем у кобальта, предел прочности при растяжении выше в 2,5 раза, относительное удлинение в 12 раз выше, чем у кобальта и т. д.

В производстве твердых сплавов, содержащих карбид вольфрама как цементирующую добавку, используют главным образом кобальт, изредка никель.

Цель данной работы – улучшение физико-механических свойств АПКМ при использовании дисперсно-упрочненной добавки на основе никеля совместно с нанопорошком карбида вольфрама (размер частиц $d = 63$ нм).

Спекание АПКМ проводили в аппарате высокого давления типа “тороид” при давлении 8 ГПа и температуре 2000 К. Для изготовления образцов были спрессованы нагреватели из графита с цилиндрическими гнездами, в которые помещали экран из ниобиевой фольги, а затем заполняли шихтой, состоящей из алмазного порошка зернистостью 40/28, порошков никеля и кобальта и нанопорошка карбида вольфрама, а также для сравнения добавляли микропорошок WC ($d = 5$ мкм).

Микроструктуру АПКМ исследовали с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ) Zeiss EVO 50XVP фирмы “Carl Zeiss” (Германия), укомплектованного энергодисперсионным анализатором рентгеновских спектров INCA450 [3]. РЭМ-изображение АПКМ приведено на рис. 1, а результаты анализа элементного состава активирующей процесс его спекания добавки показаны в табл. 1.

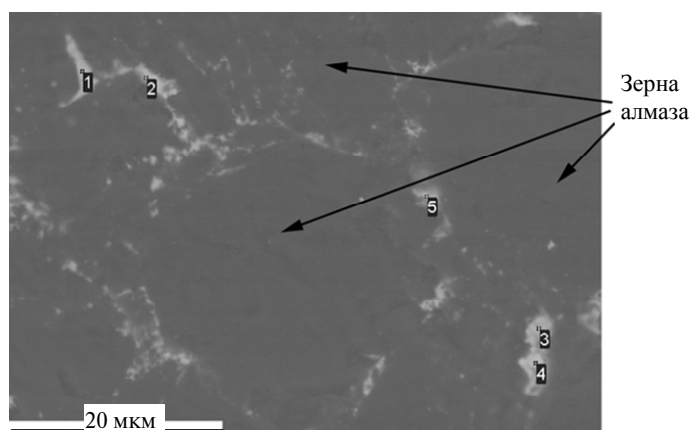


Рис. 1. РЭМ-изображение АПКМ, светлый контраст – добавка, активирующая процесс его спекания.

В табл. 2 приведены значения предела прочности образцов при одноосном статическом сжатии.

Как следует из представленных в табл. 2 данных, АПКМ состава 3 с нанопорошком WC имеет максимальную прочность, дисперсионное упрочнение составляет ~ 65 %.

Измерения твердости HV показали, что материалы, содержащие различные (Co или Ni) активирующие процесс спекания добавки, обладают примерно одинаковой твердостью (50–65 ГПа), а АПКМ состава 3 – более высокой (80 ГПа).

Таблица 1. Элементный состав активирующей процесс спекания АПКМ добавки, исследованной в точках 1–5 (см. рис. 1), данные нормализованы

Точка	Элементный состав, % (ат.)				
	С	О	Со	Ni	W
1	62,72	2,54	7,36	26,74	0,65
2	79,54	3,11	3,61	13,38	0,37
3	61,36	5,90	6,73	25,38	0,63
4	42,51	1,65	11,65	42,85	1,34
5	69,67	6,91	4,96	17,87	0,58
Среднее	63,16	4,02	6,86	25,24	0,71
Стандандартное отклонение	13,61	2,27	3,06	11,26	0,37

Таблица 2. Предел прочности при одноосном статическом сжатии и интенсивность изнашивания АПКМ с активирующей добавкой различного состава

№	Состав АПКМ	Предел прочности $R_{ст}$, МПа	Интенсивность изнашивания, мг/км
1	C_a-Ni	1528	6,0
2	$C_a-Ni-WC$ (5 мкм)	1512	14,0
3	$C_a-Ni-Co-WC$ (63 нм)	2520	0,6

Сравнительные испытания износостойкости вставок проводили по торезскому песчанику VII–IX категорий буримости (см. табл. 2). Добавка нано-WC в связку повышает износостойкость на порядок.

Следовательно, наилучшие физико-механические и эксплуатационные характеристики имеет образец из шихты состава 3.

Таким образом, показана возможность получения алмазного поликристаллического композиционного материала с лучшими физико-механическими характеристиками в результате введения в шихту активирующей процесс спекания дисперсионно-упрочненной добавки порошков никеля и кобальта и нанопорошка карбида вольфрама.

Дальнейшее упрочнение АПКМ может быть реализовано армированием его поликристаллическим CVD-алмазом в условиях высокого давления и температуры в соответствии со схемой, реализованной ранее для АПКМ со связкой из SiC [4]. Были получены и успешно испытаны соответствующие образцы (рис. 2).

Полученный АПКМ с дисперсионно-упрочненной добавкой на основе



Рис. 2. Образцы АПКМ с добавкой Ni–Co–WC, армированные пластиной поликристаллического CVD-алмаза (в центре цилиндров).

никеля и армированный поликристаллическим CVD-алмазом предназначен для правки абразивных кругов и для оснащения бурового инструмента.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (Госконтракт № 14.513.11.0044), Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 12-08-90431) и Национальной академии наук Украины (проект № 29-08-13).

В умовах високих тиску і температури з використанням як активуючих процес спікання добавок порошків нікелю, кобальту і нанопорошку карбиду вольфраму отримано алмазний полікристалічний композиційний матеріал з підвищеними фізико-механічними характеристиками. Виготовлені зразки такого матеріалу, армовані в умовах високого тиску і температури полікристалічним CVD-алмазом.

Ключові слова: нанопорошки, композиційний матеріал, спікання, нікель, карбід вольфраму, CVD-алмаз.

The possibility of receiving of a diamond polycrystal composite material (DPCM) with the increased physico-mechanical properties, containing as an activating component of the sintering process additives of nickel and cobalt powders and tungsten carbide nanopowder is shown. The DPCM samples, reinforced by polycrystal CVD-diamond at the conditions of a high pressure and temperatures were produced.

Keywords: nanopowders, composite material, sintering, nickel, tungsten carbide, CVD-diamond.

1. Шульженко А. А., Гаргин В. Г., Русинова Н. А. и др. Алмазный поликристаллический композиционный материал и его свойства // Сверхтв. материалы. – 2010. – № 6. – С. 3–13.
2. Шульженко А. А., Гаргин В. Г., Шишкин В. Л., Бочечка А. А. Поликристаллические материалы на основе алмаза. – Киев: Наук. думка, 1980. – 192 с.
3. Центр колективного користування науковими приладами (ЦККП) “Скануюча електронна мікроскопія і мікроаналіз (СЕММА)”. – <http://www.ism.kiev.ua/index.php?i=17>
4. Пат. 2413699 РФ, МПК C04B35/528, C04B35/5835. Сверхтвердый материал / Е. Е. Ашкинази, В. Г. Ральченко, В. И. Конов и др. – Оpubл. 10.03.11, Бюл. № 7.

Институт сверхтвердых материалов

Поступила 04.07.13

им. В. Н. Бакуля НАН Украины

Ин-т общей физики им. А. М. Прохорова РАН