

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ВК15

К.С. Панина

Научные руководители: д.т.н., профессор Ю.А. Курганова,  
Генеральный директор ООО «ЗТК»  
Г.И. Бешенков

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана, г. Москва*

Изделия из твердых сплавов широко применяются в качестве режущего инструмента. От свойств используемых материалов зависит срок эксплуатации обрабатываемых инструментов, таких как резцы, фрезы, сверла, рабочие поверхности горнодобывающего оборудования и др. Поэтому в настоящее время является актуальным и востребованным поиск путей повышения механических свойств твердых сплавов.

Анализ современных информационных источников продемонстрировал уникальное сочетание высоких показателей прочности, твердости и ударной вязкости для наноструктурированных твердых сплавов.

Возможность формирования нанодисперсной фазы в сплавах реализуется путем введения ингибиторов роста зерна либо при использовании исходных нанопорошков. Данные методы обеспечивают значительный прирост прочностных свойств, но являются дорогостоящими. Некоторый опыт в этой области представлен в работах [1-5]. Также есть данные о возможности формирования нанодисперсной структуры за счет проведения дополнительной термообработки. Технологический процесс представляет собой спекание, а затем повторный нагрев и выдержку в интервале температур от 500 до 1300 °С. Предполагается, что при этом повышение механических свойств достигается за счет выпадения наночастиц в виде сложных соединений кобальта, вольфрама и углерода состава  $Co_xW_yC_z$  из твердого раствора в кобальтовую связку.

В ходе работы предложена усовершенствованная технология получения нанодисперсного твердого сплава, в которой спекание и термическая обработка происходят за один процесс. Разработанная технология получения нанодисперсных твердых сплавов производится на традиционном оборудовании (ПВК-1, из исходного сырья, применяемого для стандартных сплавов. Технологический режим включает размол порошков карбида вольфрама и кобальта в спирте, сушку смеси, смешивание с пластификатором, прессование и последующее спекание.

В качестве объекта исследований выбран стандартный вольфрамкобальтовый твердый сплав ВК15, для получения которого использовали кар-

бид вольфрама марки WC3 по ТУ 1742-002-46878311-2013 со средним размером частиц порошка  $D_{50} = 3 \pm 1$  мкм, кобальт марки ПК-1У по ГОСТ 9721-79 со средним размером частиц порошка  $1,2 \pm 0,2$  мкм.

Для выявления приоритетного режима спекания разработанной технологии проведено спекание по действующему режиму и по режимам с дополнительной выдержкой при температурах 600 °С, 900 °С, 1280 °С.

Металлографический анализ при увеличении  $\times 1500$  (рис. 1) демонстрирует измельчение структуры, а анализ свойств – твердости, коэрцитивной силы после термообработки сплавов (таблица), при этом наибольший эффект выражен при спекании по режиму с выдержкой при 900 °С.

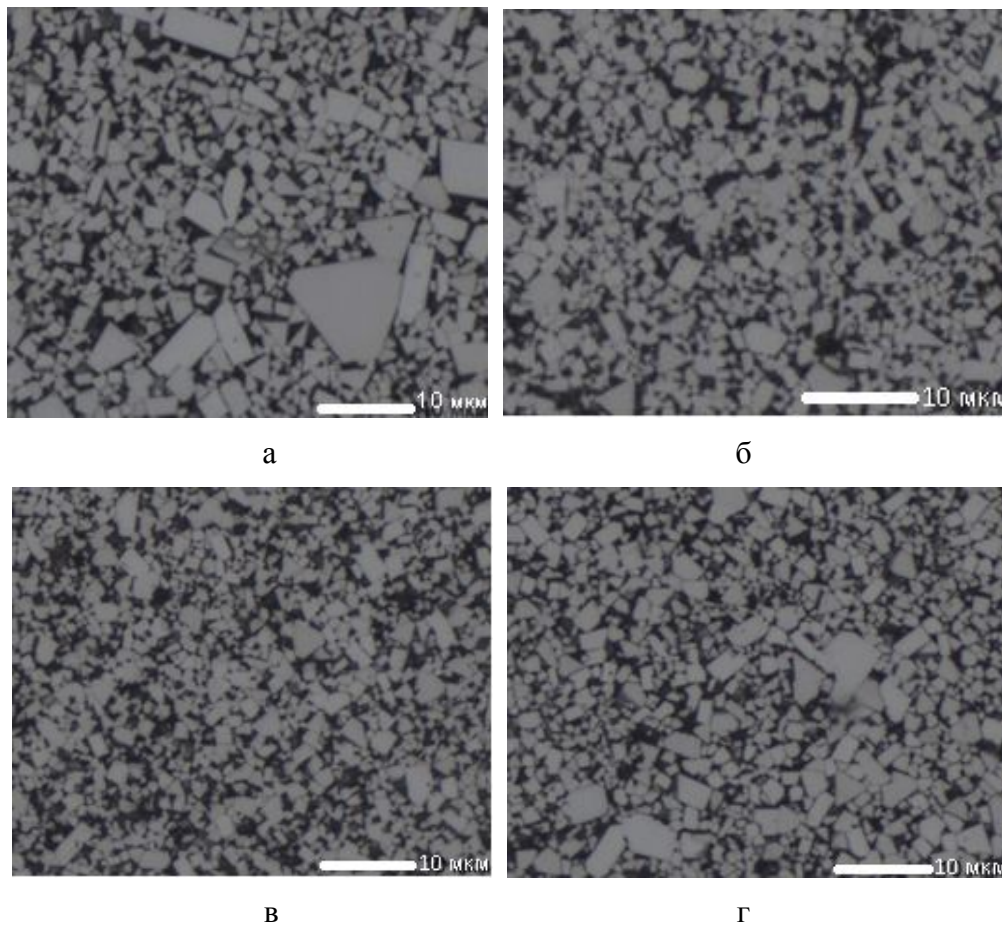


Рис. 1. Микроструктура сплава при увеличении  $\times 1000$ : а) спекленного по традиционному режиму; б) с выдержкой при 600 °С; в) с выдержкой при 900 °С; г) с выдержкой при 1280 °С

Таблица 1

Свойства сплава

Режим спекания	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Твердость, НВ	Твердость, НРА	Коэрцитивная сила, Эрстед
1) (традиционный)	13,97	1033	86	78
2) (1280 °С)	14,0	1088	87	98
3) (900 °С)	14,1	1222	88	116
4) (600 °С)	14,07	1153	87	107

Для подтверждения предположения выпадения наночастиц из твердого раствора проведено исследование на атомно-силовом микроскопе сплава, спеченного с изотермической выдержкой при 900 °С (рис. 2).

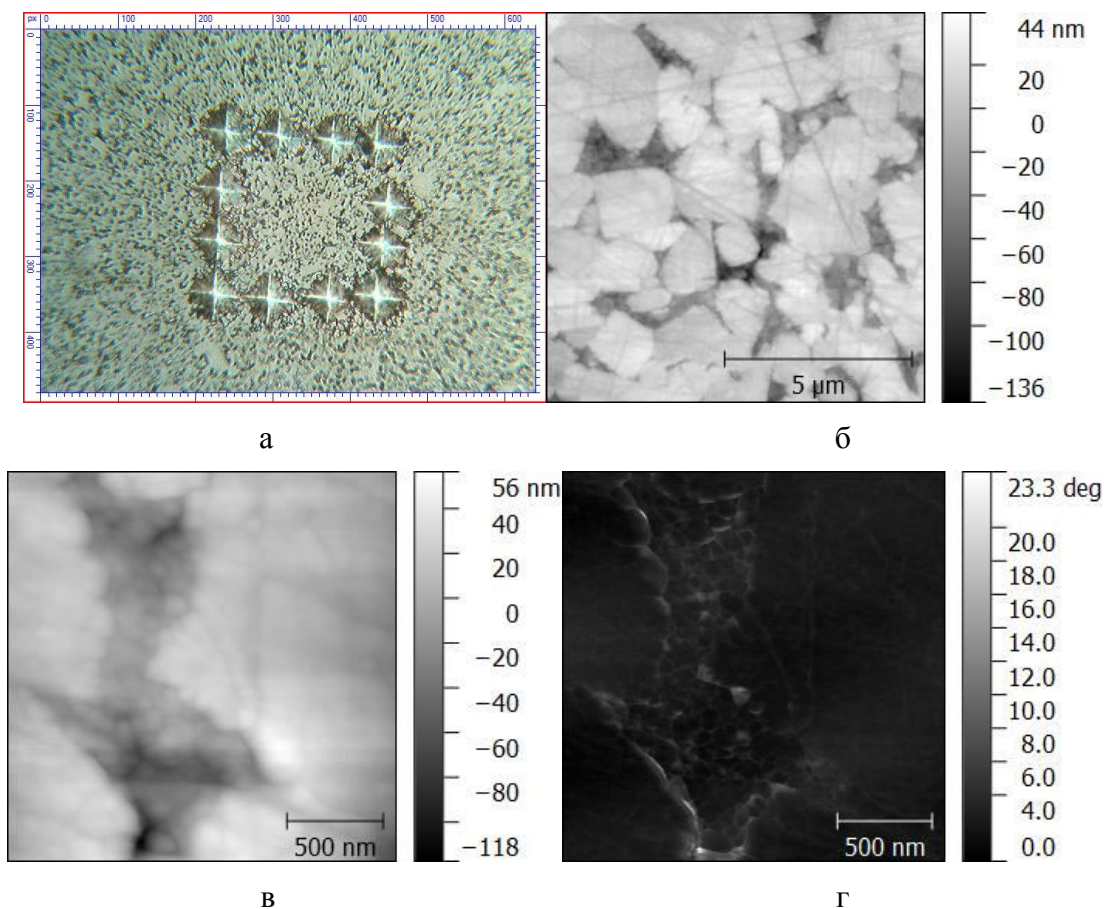


Рис. 2. Результаты сканирования на атомно-силовом микроскопе:  
а) область 40×40 мкм на образце; б) область 40×40 мкм на образце;  
в) кадр АСМ сканирования образца в области 3×3 мкм;  
г) кадр АСМ сканирования образца в области 3×3 мкм (разность фаз)

Исследования топологии и структуры образцов твёрдого сплава подтвердили наличие наноразмерных включений, предположительно карбида вольфрама, в кобальтовой связке. Выявлен характерный размер включений от 20 до 40 нм.

Таким образом, дополнительная термообработка приводит к формированию структурных элементов нанодиапазона и увеличению ряда свойств сплавов относительно стандартного сплава, при этом режим при спекании с выдержкой при 900 °С является наиболее эффективным и, следовательно, рекомендован для производства наноструктурированного сплава ВК15 с повышенными свойствами.

*Работа выполнена при финансовой поддержке прикладных научных исследований Министерством образования и науки Российской Федерации. Соглашение о предоставлении субсидии № 14.579.21.093. Уникальный идентификатор RFMEFI57915X0093.*

## Литература

1. Gille G., Szesny B., Dreyer K. (2002) Int. J. Refract Metal. Hard Mater., № 1, 3.
2. Эффективное введение наночастиц карбида вольфрама в твердый сплав / Хвостанцев Л.Г., Боровский Г.В., Бражкин В.В., Лайцан Л.А. // Российские нанотехнологии. 2013. Т. 8. № 9-10. С. 78-81.
3. Tan G.L., Wu X.J., Li Z.Q. (2003) Preparation and Mechanical Properties of Nanostructured Tungsten Carbide Alloys Strengthened by Carbon Nanotubes // MRS Proceedings, Vol. 788.
4. Заявка на изобретение РФ RU 2013135523 А С22С 29/08, В22F 3/12. Способ получения спеченных твердых сплавов /Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева».
5. Влияние добавок керамических наночастиц на структурные параметры и свойства твердых сплавов / Ю.И. Гордеев, А.К. Абкарян, Г.М. Зеер, А.А. Лепешев // Вестник СибГАУ. 2013. № 3. С. 49.
6. ГОСТ 3882-74. Сплавы твердые спеченные. Марки.

## ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ФАЗ СИСТЕМЫ Тi-В И ПОЛУЧЕНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ НА ИХ ОСНОВЕ

С.О. Погорелова, А.Р. Насырбаев, Д.С. Никитин  
 Научный руководитель: д.т.н., профессор А.А. Сивков

*Томский национальный исследовательский политехнический университет,  
 г. Томск*

Моноборид (TiB) и диборид титана (TiB<sub>2</sub>) обладают уникальным сочетанием физических свойств (исключительно высокой твердостью, высокой температурой плавления, высокой температуропроводностью, высокой электропроводностью, хорошей износостойкостью), которые позволяют использовать их в качестве исходного сырья при производстве функциональной керамики, в качестве фильтров (пористых изделий), термоэлементов [1]. Сегодня актуальной становится проблема синтеза нанодисперсного диборида титана, в том числе способами: механосинтез, золь-гель метод, помол в шаровой мельнице. Однако способы для получения нанодисперсного порошка системы Ti-B недостаточно эффективны ввиду высоких энергозатрат и времени синтеза, получения продукта, неудовлетворительного по фазовому составу и дисперсности [1].