

УДК 621. 762. 5

**В.С. Панов**, д-р. техн. наук

*Московский Государственный технологический университет (МИСиС), г. Москва, Россия*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СПЛАВА ВК8 С ДОБАВКАМИ НАНОРАЗМЕРНОГО КАРБИДА ВОЛЬФРАМА<sup>1</sup>**

*On standard technology alloys VK8 with the additive 1,5–4,0 % nanostructure carbide tungsten have been prepared. Have been investigated their structure and properties. It has been shown, that introduction nanostructure carbide tungsten practically does not render influence on properties and structure of alloy VK8.*

Концепция развития работ в области наноматериалов и нанотехнологий свидетельствует о ее большую перспективности. Сегодня уже очевидно, что с помощью наноматериалов можно не только миниатюризировать приборы и изделия, но и качественно изменять их свойства.

Нанотехнологии в XXI веке становятся «ключевыми», определяющими уровень развития почти всей техники и экономики.

К настоящему времени во многих странах осуществлены технологические разработки по созданию ультрадисперсных и наноразмерных твердых сплавов различного назначения, обладающих высокими служебными характеристиками.

Для изготовления нано- и ультрадисперсных твердых сплавов могут применяться различные технологические решения [1; 2]. Рассмотрим одно из них. В частности, было исследовано влияние добавок наноразмерного карбида вольфрама на структуру и свойства сплава ВК8, приготовленного по обычной технологии [3].

С этой целью были изготовлены смеси ВК8 с добавкой 1,5, 3 и 4,5 % масс. наноразмерного порошка карбида вольфрама. Средний размер WC в смеси ВК8 составил 1,16 мкм (по Фишеру). Наноразмерный карбид вольфрама производства ОАО «ВНИИЭТО» имел следующие характеристики: удельная площадь поверхности – 8,8 м<sup>2</sup>/г; эквивалентный диаметр – 44 нм; содержание свободного углерода – 0,08 % масс.; содержание общего углерода – 6,10 % масс.; кобальтовый порошок соответствовал ТУ 48-19-33-79; содержание кислорода – 0,3 % масс.; насыпная плотность – 0,65 г/см<sup>3</sup>.

Смеси изготовляли смешением карбида и кобальта в шаровой твердосплавной мельнице в течение 24 часов и центробежной мельнице в течение 2,5 часа с твердосплавными шарами диаметром 10 мм, соотношением смесь : шары = 1 : 3 в жидкой среде. Приготовленные смеси замешивали с пластификатором: 10%-ный раствор каучука в бензине из расчета 8 г раствора на 100 г смеси. Затем осуществляли протирку и грануляцию. Прессование проводили в стальной пресс-форме на 50-тонном гидравлическом прессе при давлении 1 т/см<sup>2</sup>. Характеристика из смеси ВК8 прессовок диаметром 16 мм и высотой 9,0–9,5 мм приведена в табл. 1 и на рис. 1.

---

<sup>1</sup> В экспериментальной части работы участвовал инженер С.В. Рягузов

Из данных рис. 1 следует, что относительная плотность прессовок практически не зависит от типа мельницы, в которой изготавливались смеси, и содержания наноразмерного карбида вольфрама в количестве 1,5-4,5 % масс.

Спрессованные образцы всех составов спекались в вакуумной печи при температуре 1400 °С, выдержка – 40 мин; усадка для всех образцов находилась в пределах 18,7 – 18,8 %. На спеченных образцах определяли твердость по HRA, плотность и предел прочности при изгибе.

Таблица 1. Характеристика прессовок из смеси ВК8

Материал	Тип мельницы для смешивания	Относительная плотность прессовки, г/см <sup>3</sup>
ВК8	Шаровая	7,35
	Центробежная	7,25
ВК8 + 1,5 % WC	Шаровая	7,30
	Центробежная	7,28
ВК8 + 3 % WC	Шаровая	7,28
	Центробежная	7,18
ВК8 + 4,5 % WC	Шаровая	7,10
	Центробежная	6,85

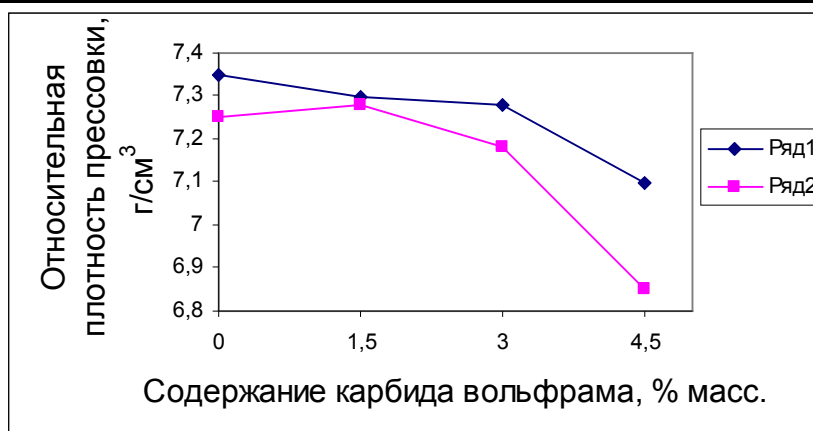


Рис. 1. Зависимость относительной плотности прессовки от содержания карбида вольфрама. Микрофотография спеченных образцов для ряда 1 и для мельницы шаровой [3], с помощью микроскопа «Neophot 21». Фазовый состав, пористость и размер зерна WC-фазы определяли согласно ГОСТ 9391-80. Характеристика спеченных образцов из сплава ВК8 приведена в табл. 2 и на микрофотографиях, изображенных на рис. 2–4.

Таблица 2. Свойства спеченных образцов из сплава ВК8

Материал	Плотность, г/см <sup>3</sup>	d <sub>ср</sub> WC-фазы, мкм	Твердость, HRA	Предел прочности при изгибе, МПа
ВК8	14,35	2,8	85	1450
ВК8 + 1,5 % WC	14,45	2,6	86	1430
ВК8 + 3 % WC	14,40	2,3	86	1440
ВК8 + 1,5 % WC	14,55	2,5	87	1440

Из данных табл. 2 следует, что свойства сплава ВК8 практически не изменяются при введении 1,5–4,5 % масс. наноразмерного карбида вольфрама. Твердость и предел прочности при изгибе практически одинаковые.

Пористость всех сплавов составляла 0,2 % об. (рис. 2), включений графита и  $\eta_1$ -фазы не обнаружено. Размер зерна WC-фазы изменился незначительно. Появились более крупные зерна WC-фазы в сплавах с добавкой наноразмерного карбида вольфрама, количество которых увеличивалось с добавлением количества карбида вольфрама.

Предварительные результаты показали, что при содержании наноразмерного карбида вольфрама менее 4,5 % в микроструктуре не происходит существенных изменений, сохраняется мелкое исходное зерно «основного» порошка и свойства не изменяются. Разброс значений свойств для сплавов с добавками на 10–15 % меньший, чем без добавок. Следует отметить, что в структуре спеченного сплава найти следы присутствия вводимого в шихту нанопорошка невозможно, поскольку, вероятно, они переходят в расплав образовавшейся при спекании жидкой фазы. Увеличение доли нанопорошка приводит к появлению игольчатых структур, что связано с условиями кристаллизации «обогащенной» жидкой фазы.

Полученные результаты свидетельствуют о неперспективности примененного метода получения наноразмерных твердых сплавов. Жидкофазное спекание нивелирует роль добавок наноразмерного карбида вольфрама. Зерна карбида вольфрама размером 40 нм при спекании увеличиваются до 2–3 мкм. Для получения наноразмерных твердых сплавов необходимо принимать меры, препятствующие увеличению зерна карбида вольфрама за счет механизма перекристаллизации через жидкую фазу, появляющуюся при спекании твердых сплавов [4].

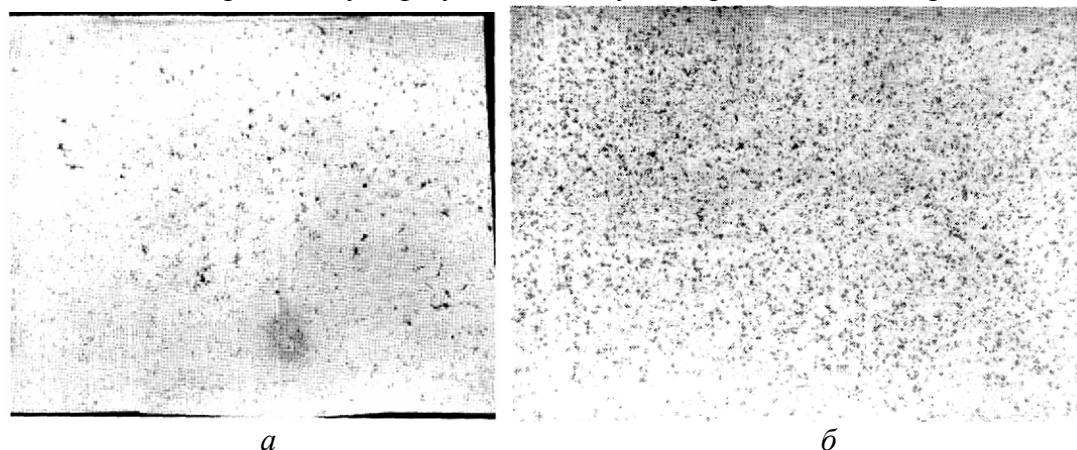


Рис. 2. Пористость сплава ВК8×100: а – сплав без добавок WC; б – сплав с добавкой 3,5 % наноразмерного WC

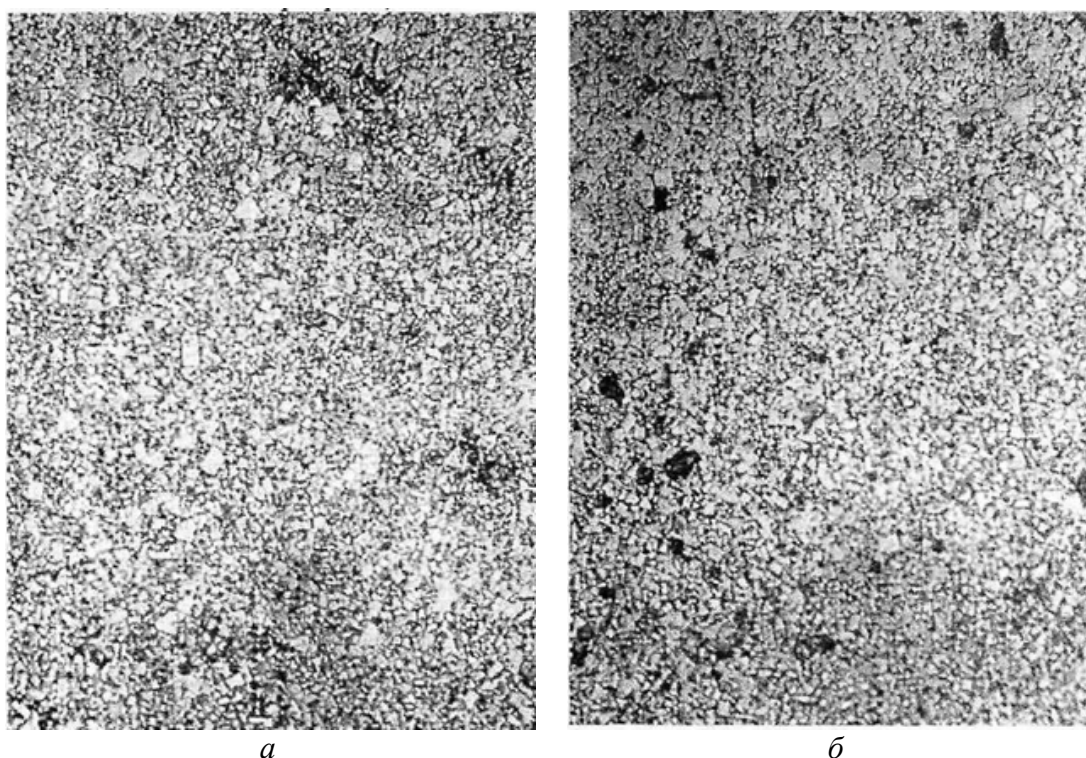


Рис. 3. Микроструктура сплава  $VK8 \times 1000$ : а – сплав без добавок, средний размер WC-фазы – 2,8 мкм; б – сплав с добавкой 1,5 % WC, средний размер WC-фазы – 2,6 мкм

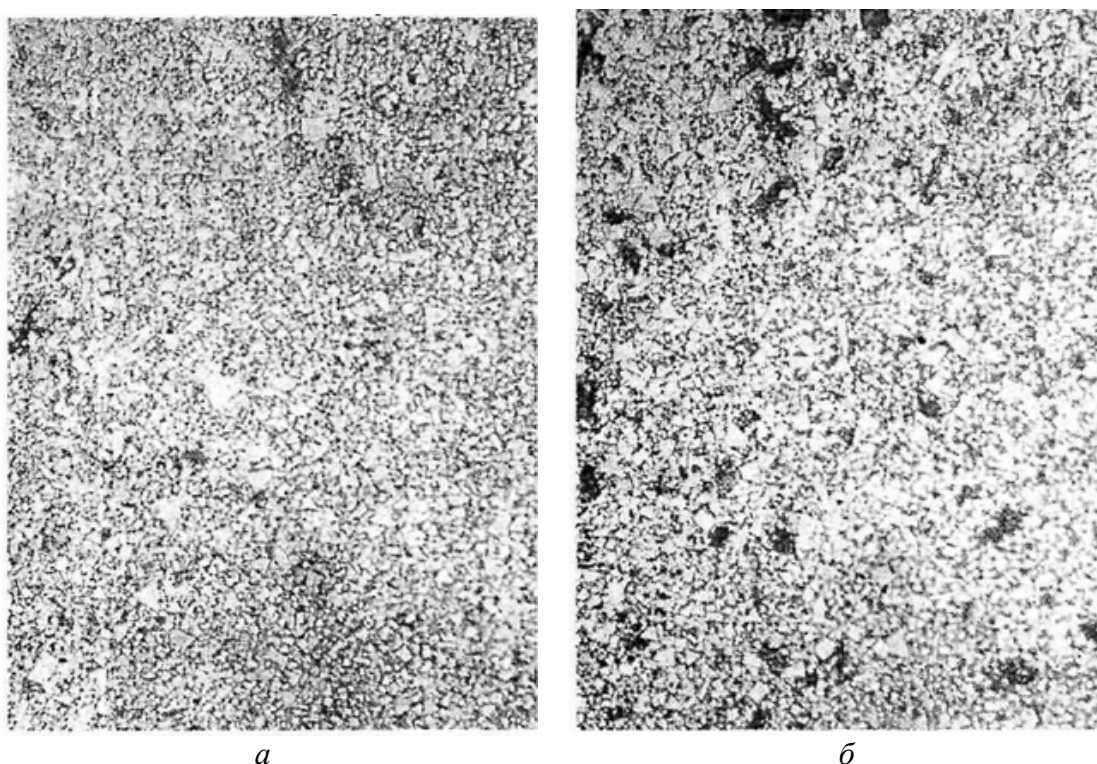


Рис. 4. Микроструктура сплава  $VK8 \times 1000$ : а – сплав с добавкой 3,0 % WC, средний размер WC-фазы – 2,3 мкм; б – сплав с добавкой 4,5 % WC, средний размер WC-фазы – 2,5 мкм

#### Выводы

1. Исследованы процессы прессования и спекания сплава VK8 с добавкой наноразмерного карбида вольфрама в количестве 1,5–4,5 % масс., приготовленного по стандартной технологии.

2. Исследованы свойства и структура сплава ВК8 с добавкой наноразмерного карбида вольфрама.

3. Доказано, что введение наноразмерного карбида вольфрама не существенно влияет на свойства и структуру сплава ВК8.

### **Литература**

1. Фальковский В.А., Фальковский Ф.И., Панов В.С. Нано- и ультрадисперсные твердые сплавы // Цветные металлы. – 2007. – № 10. – с. 85–9.
2. Борисенко Н.И., Молдавер В.А. Опыт применения наноразмерных порошков в технологии твердых сплавов // Сб. науч. тр. VI Всерос. конф., «Физико-химия ультрадисперсных (нано-) систем» – Томск, август 2002. – М.: Изд-во МИФИ, 2002, – С. 505–509.
3. Третьяков В.И. Основы металловедения и технологии производства спеченных твердых сплавов. – М.: Металлургия, 1976. – 528 с.
4. Панов В.С., Чувилин А.М., Фальковский В.А. Технология производства и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них. – М.: Изд-во МИСиС, 2004. – 462 с.

*Поступила 15.04.08*