

УДК 621.762.091:669.27.018.25

В. С. Панов, Ж. В. Еремеева, доктора технических наук; **Е. Н. Нарбаев, Ю. Ю. Капланский**

ФГОУ ВПО Национальный исследовательский технический университет МИСиС, Москва, Россия

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА НА СВОЙСТВА ТВЕДОГО СПЛАВА ВК6

Изучены условия спекания твердого сплава марки ВК6, полученного на основе порошка вольфрама по технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Установлено, что физико-химические процессы протекающие при спекании твердых сплавов, мало чем отличаются от стандартного сплава ВК6 из традиционных порошков карбида вольфрама. Полученный в работе сплав за счет специфической структуры обладает высокими значениями твердости, прочности и трещиностойкости.

Ключевые слова: карбид вольфрама, синтез, твердый сплав, спекание, структура, свойства, наноразмер.

Благодаря своим уникальным свойствам: твердости и износостойкости твердые сплавы находят широкое применение в различных отраслях промышленности. В связи с чем, проблема повышения эксплуатационных свойств стоит достаточно остро и исследуется многими авторами. Так как основной составляющей твердых сплавов является карбид вольфрама, то способам его получения и свойствам уделяется особое внимание.

В промышленном масштабе карбид вольфрама получают карбидизацией порошка вольфрама или его триоксида. Но эти методы имеют ряд недостатков: необходимость высоких температур и трудности синтеза порошков размером меньше одного мкм.

В процессе спекания всегда происходит рост зерен карбидной фазы, поэтому получить твердые сплавы со средним размером зерна меньше одного мкм связано с большими трудностями. Хотя известно, что, чем мельче и однороднее исходный порошок, тем тоньше получается структура и выше механические свойства спеченного сплава [1].

На сегодня известные способы получения субмикронных и наноразмерных порошков карбида вольфрама [1], либо дороги, либо малопродуктивны, поэтому их промышленное применение ограничено.

Перспективным методом может являться открытый в 1967 году академиком А. Г. Мержановым с сотрудниками (ИСМАН, г. Черноголовка), самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС). К его достоинствам относится простота аппаратного исполнения, малые внешние электрозатраты и возможность, варьируя параметры горения, получать продукты различной дисперсности с регулируемым химическим и фазовым составом.

В основе синтеза порошка карбида вольфрама лежит экзотермическая реакция взаимодействия триоксида вольфрама с углеродом (сажей).

В настоящей работе проведено исследование процесса спекания твердого сплава марки ВК6, полученного на основе СВС порошка карбида вольфрама высокой дисперсности, анализ структуры и свойств сплава при различных параметрах спекания.

Методика эксперимента

Исходными материалами служили СВС-порошок WC, способ получения которого подробно описан в статье [2], и порошок кобальта со средним размером частиц 1,25 мкм. Удельную поверхность порошка оценивали методом БЭТ на установке Сорби-М. Рентгеноструктурный фазовый анализ выполняли на дифрактометре Дрон-3. Химический анализ проводили методами, применяющимися в твердосплавной промышленности. Смешивание WC и Co осуществляли в футерованной шаровой мельнице с твердосплавными шарами при соотношении Ш:М = 6:1 в течении 120 часов. Исследование процесса спекания проводили в вакуумной печи ВСл-16-22-У при температурах 1250–1450 °С с выдержкой продолжительностью 10–60 мин. Твердость по Виккерсу

проводили при соответствии ISO 3878-83. Прочность на изгиб и трещиностойкость определяли на установке Instron 4507 в соответствии ISO 3327:2009 на образцах прямоугольного сечения.

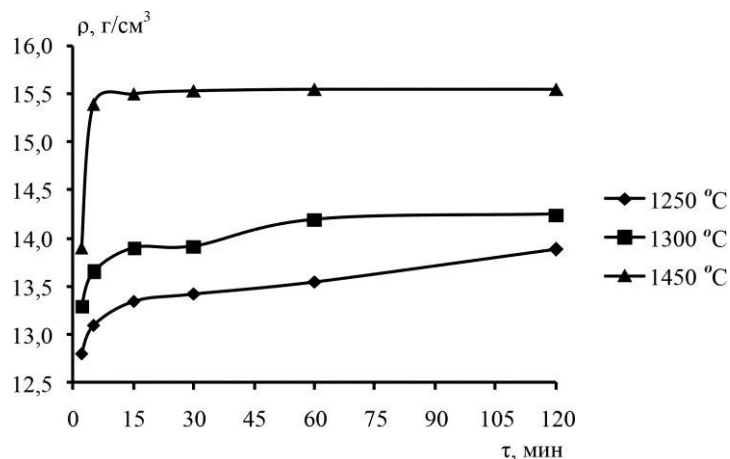
Микроструктуру образцов исследовали на сканирующем электронном микроскопе S-3400N фирмы «Hitachi High-Technologies Corporation» с рентгеновским энергодисперсионным спектрометром.

Результаты экспериментов и их обсуждение

Карбид вольфрама, полученный по технологии СВС, имел размер зерна 200–700 нм, монокристаллы изометричны, имеют огранку гексагональной сингонии, удельная поверхность порошка равнялась 1,14 м²/г. По химическому анализу: С_{общ} = 6,13%, С_{св} = 0,08%, О = 0,08%.

Спекание твердых сплавов проходит по жидкофазному механизму, при котором происходит частичное растворение WC в жидкой фазе, сопровождающееся ростом карбидной фазы за счет перекристаллизации (растворение-осаждение). В первую очередь растворяются мелкие зерна вследствие их повышенной поверхностной энергии, образуя пересыщенный твердый раствор. Процесс роста происходит до тех пор, пока структура сплава не станет относительно однородной. Жидкая фаза способствует уплотнению спрессованного брикета, величина которого зависит от количества жидкой фазы, температуры и величины зерна исходного порошка.

На рисунке приведены экспериментальные зависимости плотности сплава ВК6 от длительности выдержки для различной температуры спекания.



Зависимость плотности сплава ВК6 от условий спекания

Усадка начинается до появления жидкой фазы и заканчивается за несколько минут при температуре появления жидкой фазы (1300-1320 °C). Близкой к теоретической плотности достигается за 3-5 минут при достаточном количестве жидкой фазы. Из данных линейной усадки ($\Delta l/l$) следует, что степень уплотнения на первой стадии характеризуется процессом перегруппировки частиц WC при «жидком течении», но по сравнению со стандартными сплавами происходит более интенсивно.

В следующие стадии спекания происходит формирование структуры сплава, сопровождающееся увеличением числа контактов между зёрнами, ростом размера зёрен.

В таблице 1 представлены показатели твердости, прочности при изгибе и трещиностойкости описанного сплава.

Таблица 1. Свойства сплава ВК6

Исходный размер зерен WC, мкм	Твердость, HRA	Твердость, ГПа	Предел прочности при изгибе, МПа	Трещиностойкость, K _{IC} МПа·м ^{0,5}	Режим спекания
0,2–0,7	93	18,5	2000	10,0	1450 °C, 30 мин
0,8–1,5 *	92	17,5	1900	8,0	

*литературные данные [1]

Результаты показывают, что свойства существенно выше чем для стандартных сплавов [1]. Объясняется это более мелкозернистой и однородной структурой сплава на основе СВС- порошка.

В процессе спекания размер WC-фазы увеличился до 500–1000 нм, но оказался меньше чем у стандартного сплава, полученного при одинаковых параметрах спекания.

Как видно из таблицы величины твердости и вязкости сплава отличаются от получаемых на основе традиционного карбида вольфрама.

Для ультра- и наноразмерных сплавов механизм разрушения отличается от субмикронных. Граница зерен препятствует движению трещины, что способствует повышению трещиностойкости. В связке трещина тормозится, а не движется вдоль межзеренной границы. Увеличение торможения трещины на межфазной границе WC\Co требует дополнительного количества энергии в процессе разрушения, что сказывается на величине трещиностойкости. Для ультра- и наноразмерных сплавов размер дефектов (пор) значительно меньше, что благоприятно влияет на вязкость разрушения (K_{IC}). Снижение вязкости в сравнении с твердостью выравнивается, когда зерно достигает наноразмерного значения.

Выводы

1. Изучены структура и свойства твердого сплава ВК6 на основе высокодисперсного СВС-порошка карбида вольфрама.
2. Показано, что физико-химические процессы спекания аналогичны стандартным сплавам WC-Co.
3. Сплав наследует мелкозернистую структуру СВС-порошка, что обуславливает его высокую твердость, прочность и трещиностойкость.
4. Сплав может быть рекомендован для режущего инструмента.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 13-08-00257.

Вивчено умови спікання твердого сплаву марки ВК6, отриманого на основі порошку вольфраму за технологією високотемпературного синтезу. Встановлено, що фізико-хімічні процеси протікають при спіканні твердих сплавів, мало чим відрізняються від стандартного сплаву ВК6 з традиційних порошків карбиду вольфраму. Отриманий в роботі сплав за рахунок специфічної структури володіє високими значеннями твердості, міцності і тріщиностійкості.

***Ключові слова:** карбід вольфраму, синтез, твердий сплав, спікання, структура, властивості, нанорозмірів.*

The conditions of sintering for hard alloy VK6, prepared on the base of ultrafine WC powder, made by self-propagated high-temperature synthesis (SHS) method are investigated. Physico-chemical processes, carried during the alloy sintering, are established. The alloy, obtained in this work, demonstrates high values of hardness, strength and crack toughness.

***Key words:** tungsten carbide, fusion, hard alloy, sintering, structure, properties, nanosize.*

Литература

1. Панов В. С., Чувилин А. М., Фальковский В. А. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них. – М.: МИСиС, 2004 –462 с.
2. Влияние технологических параметров спекания на структуру и свойства твердого сплава ВК5 из СВС-порошка / А. А. Зайцев, В. С. Панов, Е. А. Левашов и др. // Известия вузов Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2013. – № 3 – С. 21–28.

Поступила 03.04.15