

КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ ПОРОШКОВ WC-Co И НАНОЧАСТИЦ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

Н.Е. Анистратенко, В.Б. Ясинский, А.С. Бинчуров
 Научный руководитель: доцент, к.т.н. Гордеев Ю.И.
 ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,
 Россия, г. Красноярск, Свободный пр., 79/10, 660041
tms-mtf@rambler.ru

При использовании традиционных методов консолидации для получения высокой плотности твердосплавного композита необходима высокая температура и время выдержки при спекании, что приводит к увеличению начальных размеров карбидных зерен. Для получения в объеме материала субмикронных фрагментов структуры необходимо предотвратить рекристаллизацию за счет введения других частиц ингибиторов (оксидов, нитридов) [1]. В работах [2, 3] было показано, что эффективность модифицирования твердых сплавов наночастицами ингибиторов существенно зависит от размеров, концентрации и объемных долей, всех составляющих композита WC-Co-Al₂O₃(ZrO₂). Однако, при увеличении концентрации наночастиц в локальных объемах из-за недостаточной равномерности смешивания компонентов увеличивается степень их контактности и происходит образование агломератов. Реальная микроструктура твердосплавных композитов, модифицированных наночастицами является гетерогенной неоднородной по распределению и морфологии дополнительной оксидной фазы, сформированной из наночастиц. В процессе спекания реализуются различные конкурирующие процессы гомогенизации, происходят трансформации структуры. Это подтверждается результатами собственных электронно-микроскопических исследований (рис. 1) и данными других авторов [1, 4].

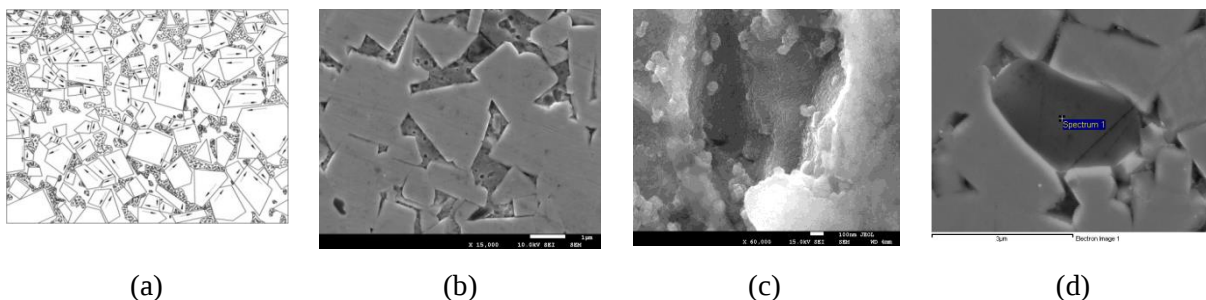


Рис. 1. Реализация разных типов микроструктуры композита WC-Co-Al₂O₃(ZrO₂)

В случае использования композиционных слоистых порошков (WC-Co) субмикронных размеров в качестве основы и дополнительного легирования добавками наночастиц ингибиторов Al₂O₃, структура сформированная в результате простого спекания твердого сплава состоит из практически изолированных карбидных зерен (Рис. 2).

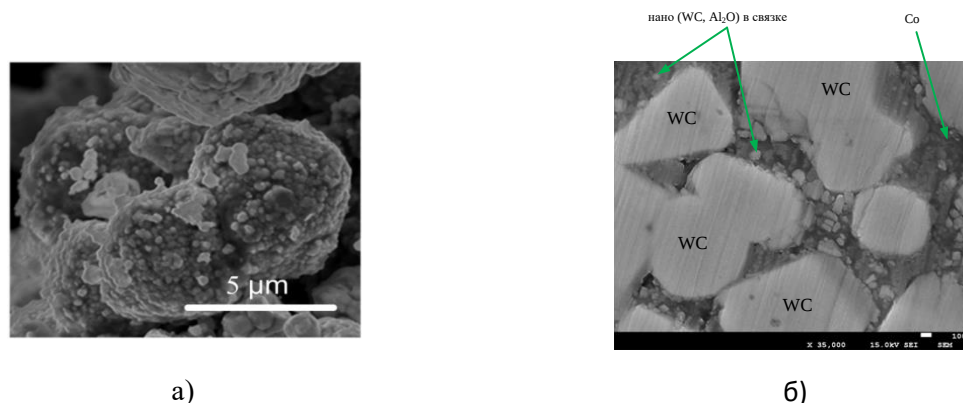


Рис. 2. Морфология композитных порошков WC-Co (а) и микроструктура твердых сплавов полученных из композитных порошков (б)

На основании проведенных экспериментальных исследований предложена уточненная стереологическая модель [5] при реализации которой обеспечивается максимальная плотность упаковки и однородность взаимного распределения фазовых составляющих композита. Введенные в прослойку связующего изолированные и статистически однородно распределенные наночастицы способствуют уменьшению ее толщины $\lambda_{эфф} = f(l_1, l_2, n_2)$ (рис. 3, а, б, в), что в соответствии с положениями механики фаз должно обеспечить прирост прочности связующего и, как результат, твердосплавных композитов в целом.

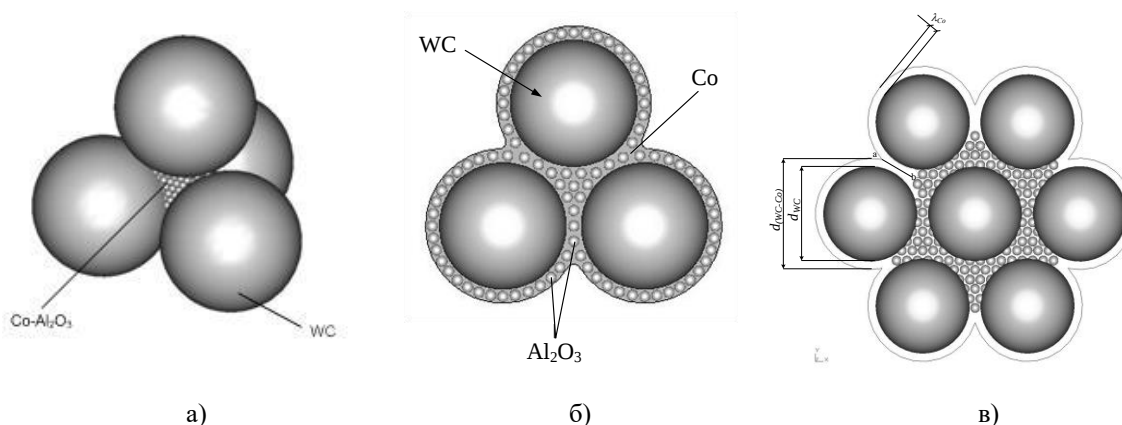


Рис. 3. Стереологическая модель трехфазного композита
а) – схема упаковки; б) – геометрическая модель системы $d_m(\text{WC-Co})$ – нанодобавки керамики d_f (Al_2O_3 , ZrO_2); в) параметры трехфазной структуры

Одновременное применение нано и субмикрористаллических композиционных карбидов и легирующих добавок наночастиц ингибиторов роста зерна основной фазы, можно рассматривать как перспективное направление производства наноструктурированных твердых сплавов с повышенным уровнем свойств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Panov, V.S., Zaitsev AA Trends of development the technology ultrafine and nanosized tungsten carbide WC-Co–A review //Proceedings of the universities. Powder metallurgy and functional coatings, 2014, no. 3, pp. 38–48.
2. Gordeev, Y.I., Abkaryan, A.K. Improving hard-alloy strength and tool life by thermomechanical treatment //Russian Engineering Research. – 2013. - vol. 33 no. 10, pp. 611–614.
3. Gordeev, Y. I., Abkaryan, A. K., Binchurov, A. S., & Jasinski, V. B. Design and Investigation of Hard Metal Composites Modified by Nanoparticles //Advanced Materials Research. – 2014. vol. 1040, pp. 13–18.
4. Fang Zak Z., Wang Xu, Taegong Ryu, Kyu Sup Hwang, Sohn H.Y. Synthesis, sintering, and mechanical properties of nanocrystalline cemented tungsten carbide – A review// Int. Journal of Refractory Metals & Hard Materials. - 2009. - vol. 27, pp. 288–299.
5. Y. I. Gordeev, A. K. Abkaryan, A. S. Binchurov, A. A. Lepeshev, V. B. Yasinski, "Influence of Additives of Nanoparticles on Structure Formation of Fine-Grained Hardmetals", Key Engineering Materials, Vol. 743, pp. 3-8, 2017.