

УДК 621.762.01: 669.018.45

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИСХОДНЫХ ПОРОШКОВ НА СТРУКТУРУ И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ СПЕЧЕННЫХ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

Е.В. Абдульменова¹, М.В. Румянцев^{1,2}

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. С.Н. Кульков

¹Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения РАН

Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4, 634055

²ООО ВИРИАЛ Россия, г. С.-Петербург, пр. Энгельса, 27, лит. Р, пом. 1-Н, 194156

E-mail: eva5@tpu.ru

THE EFFECT OF MECHANICAL TREATMENT OF POWDER ON THE STRUCTURE AND PHASE COMPOSITION OF HARD ALLOYS

E.V. Abdulmenova¹, M.V. Rumyantsev^{1,2}

Scientific Supervisor: Prof., Dr. S.N. Kulkov

¹Institute of Strength Physics and Materials Science of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences

Russia, Tomsk, Academic str., 2/4, 634055

²ООО VIRIAL Russia, S.-Peterburg, Engel'sa str., 27, lit. R, pom. 1-N, 194156

E-mail: eva5@tpu.ru

Abstract. *It has been studied an effect of mechanical treatment of powder on the structure and phase composition of hard alloys. It has been shown that after sintering of powders were formed an alloy with WC and Co phases. The lattice parameter of the WC-phase is correlates well with values in literature. It has been shown that the hardness depends on grain size, porosity and second carbide content.*

Введение. Твердые сплавы широко используются для изготовления режущих инструментов благодаря их высокой твердости, прочности, износостойкости и хорошей вязкости разрушения [1]. Известно, что использование нанокристаллических материалов [2] позволяет повысить физико-механические свойства. Уменьшить размер частиц порошка можно с помощью высокоинтенсивной механической обработки [3], которая позволяет активировать спекание [4]. Однако, данных о влиянии высокоинтенсивной механической обработки порошков WC-Co на морфологию частиц, структуру, фазовый состав и физико-механические свойства спеченных твердых сплавов недостаточно. Цель работы – изучить влияние механической обработки порошка на структуру и фазовый состав спеченных твердых сплавов WC-Co.

Материалы и методы исследования. Изучен промышленный порошок карбида вольфрама марки ВК-8. Порошок обрабатывали в планетарной шаровой мельнице «АГО-2» в течение 10-300 секунд. Формование образцов проводили на гидравлическом прессе методом холодного одностороннего прессования ($P = 200$ МПа). Спекание образцов проводили в вакуумной печи СНВЭ 1.3.1/16 по следующему режиму: нагрев до 800 °С со скоростью 5 °С/мин, затем выдержка при 800 °С 30 минут, нагрев до 1400 °С со скоростью 5 °С/мин, затем выдержка при 1400 °С 60 минут, охлаждение с печью. Размер частиц и их форма были изучены методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) (TESCAN VEGA 3SBH). Фазовый состав изучен с помощью дифрактометра с фильтрованным CuK α

излучением. На рентгенограммах исходного порошка ВК-8 до и после механической обработки присутствуют отражения фаз WC и W₂C. Твёрдость спечённых образцов измерялась на твердомере Duramin 5 (Дания) при нагрузке 2 кг.

Результаты и их обсуждение. В исходном состоянии порошка присутствуют агломераты размером 350 ± 45 мкм, которые состоят из мелких частиц размером 7 мкм. Механическая обработка приводит к уменьшению размера частиц и агломератов, так после механической обработки в течение 300 секунд порошок состоит из агломератов со средним размером 15 ± 5 мкм, состоящих из мелких частиц размером 1,4 мкм. Форма частиц в процессе механической обработки не изменяется и близка к сферической.

На рис. 1 показаны СЭМ изображения структуры спечённых образцов и распределения зёрен по размерам. В структурах видны поры, зёрна WC фазы имеют неправильную геометрическую форму. Средний размер зёрен WC фазы уменьшается с увеличением времени механической обработки порошка с 1,1 мкм (дисперсия по размеру 0,6 мкм) (рис. 1, а) до 0,8 мкм (дисперсия по размеру 0,3 мкм) (при 300 секунд механической обработки порошка). При этом, при 10 секундной обработке размер зерна составляет 1,2 мкм (дисперсия по размеру 0,6 мкм). Пористость образцов изменяется не монотонно, при 10 секунд обработки порошка пористость спечённого образца составляет $11,6 \pm 0,2$ %, при 30 секунд обработки порошка пористость образца имеет минимальное значение $7,8 \pm 1$ % вследствие разрушения агломератов в порошке, а затем начинает возрастать до $13,6 \pm 1,5$ % при более длительной обработке.

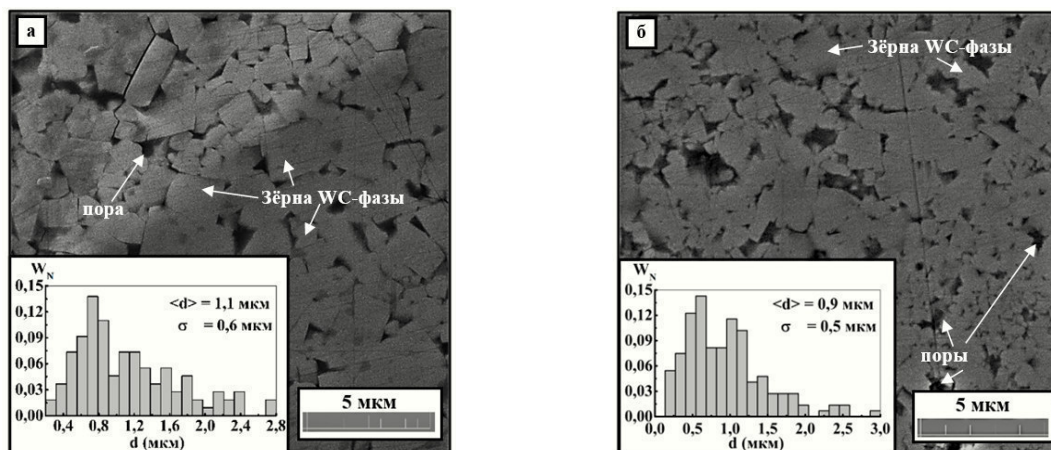


Рис. 1. СЭМ изображения и распределение зёрен по размерам: образец, полученный из порошка в исходном состоянии (а) и из порошка после 60 секундной механической обработки (б)

На рис. 2 представлены рентгенограммы спечённых образцов, видно, что во всех сплавах присутствуют отражения WC и Co, параметры которых хорошо соответствуют литературным данным [5]. Наличие фазы W₂C в исходном порошке, по-видимому, обусловило формирование карбида Co₃W₃C в образцах при механической обработке более 100 секунд.

Твёрдость образцов изменяется не монотонно с увеличением времени механической обработки порошков. Так при 10 сек обработки порошка твёрдость образца уменьшилась с $12,9 \pm 0,35$ ГПа до $9,4 \pm 0,3$ ГПа, по-видимому, вследствие крупного размера зерна (1,2 мкм дисперсия по размеру 0,6 мкм) и значительной пористости ($11,6 \pm 0,2$ %) спечённого образца. Твёрдость образца, спеченного из механически обработанного порошка в течение 60 сек увеличилась и составляет $11,9 \pm 0,9$ ГПа, это

связано с уменьшением размера зерна (0,9 мкм дисперсия по размеру 0,5 мкм) (рис. 1, б) и пористости ($8,1 \pm 0,5 \%$). При 300 сек обработки порошка твёрдость образцов несколько уменьшилась и составляет $11,7 \pm 0,8$ ГПа, вследствие увеличения пористости ($13,6 \pm 1,5 \%$).

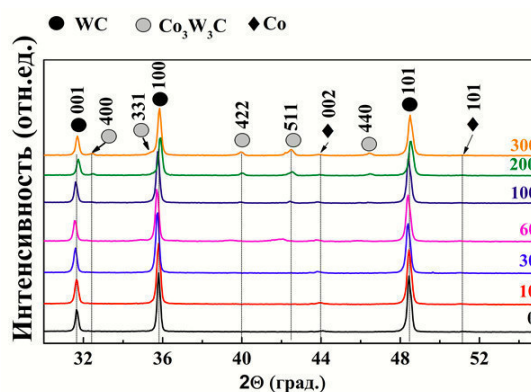


Рис. 2. Рентгенограммы спечённых образцов

Заключение. Показано, что при спекании порошков при различном времени механической обработки формируются WC и Co фазы, с параметром решетки WC фазы, который соответствует литературным данным. Твёрдость образцов зависит как от времени механической обработки порошка, так и от размера зерна и пористости.

Результаты получены при выполнении комплексного проекта «Создание высокотехнологичного импортозамещающего производства полного цикла металлорежущих сложно-профильных многогранных твердосплавных пластин для приоритетных отраслей промышленности» (соглашение о предоставлении субсидии от 27.11.2019 № 075-11-2019-036), реализуемого ИФПМ СО РАН при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках постановления Правительства РФ от 09.04.2010 № 218.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shon I.-J., Kim B.-R. et al. Properties and rapid consolidation of ultra-hard tungsten carbide // Journal of Alloys and Compounds. – 2010. – V. 489(1). – P. L4–L8.
2. Kim B.K., Ha G.H., Lee D.W. Sintering and microstructure of nanophase WC/Co hardmetals // Journal of Materials Processing Technology. – 1997. – V. 63. – P. 317–321.
3. Raihanuzzaman R.M., Xie Z.H., Hong S.J. Powder refinement, consolidation and mechanical properties of cemented carbides - an overview // Powder Technology. – 2014. – V. 261. – P. 1–13.
4. Mushnikov N.V., Ermakov A.E., Uimin M.A. Kinetics of Interaction of Mg-Based Mechanically Activated Alloys with Hydrogen // The physics of metals and metallography. – 2006. – V. 102(4). – P. 421–431.
5. Bratanich T.I., Getman O.I. et al. Phase transformations and change in TiNi intermetallic compound structure during destructive hydrogenation and recombination // Powder Metallurgy and Metal Ceramics. – 2006. – V. 45. – P. 582–587.