

УДК 54.061

**К. Е. Сметанина^{1*}, П. В. Андреев^{1,2}, Е. А. Ланцев¹,
Ю. В. Благовещенский³, Н. В. Исаева³**

¹Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет, г. Нижний Новгород

²Институт химии высокочистых веществ РАН, г. Нижний Новгород

³Институт металлургии и материаловедения РАН, г. Москва

**smetanina-ksenia@mail.ru*

РЕНТГЕНОВСКИЙ ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ ПОРОШКА WC+10%Co+1%Cr₃C₂

Определены параметры режимов спекания порошка состава WC+10%Co+1%Cr₃C₂, приводящие к увеличению размера зерна в спеченной керамике и достижению большего смачивания зерен карбида вольфрама кобальтом.

Ключевые слова: карбид вольфрама, нанопорошки, электроимпульсное плазменное спекание, рентгеновский фазовый анализ.

**K. E. Smetanina, P. V. Andreev, E. A. Lantsev,
Yu. V. Blagoveshchenskiy, N. V. Isaeva**

X-RAY PHASE ANALYSIS OF HARD ALLOYS OBTAINED BY SPARK PLASMA SINTERING OF POWDER WC + 10%Co + 1%Cr₃C₂

Parameters of powder WC + 10% Co + 1%Cr₃C₂ sintering modes that provide the increase of grain size in sintered ceramics and greater wetting of tungsten carbide grains with cobalt were determined.

Key words: tungsten carbide, nanopowders, spark electropulse sintering, X-ray powder diffraction analysis.

Перспективным материалом для изготовления износостойких металлорежущих инструментов является система WC+10% Co. Твердые сплавы получают спеканием порошков с различными добавками. Добавление ингибиторов (например, Cr₃C₂) в исходные порошки позволяет замедлить рост зерен и диффузию в процессе спекания с получением мелкозернистой структуры. Но при нагревании атмосферный кислород, адсорбированный на поверхности частиц порошка WC, начинает реагировать с углеродсодержащими соединениями. Вследствие этого в спекаемом объеме возникает дефицит по углероду, могут образовываться тройные соединения — η-фазы (Co₃W₃C), понижающие износостойкость сплавов. В связи с этим была поставлена задача по исследованию влияния количества добавляемого углерода в исходный порошок и режимов спекания на фазовый состав керамических образцов.

В качестве объекта данного исследования выступал порошок WC+10%Co+1%Cr₃C₂, полученный методом плазмохимического синтеза [1]. Путем перемешивания в планетарной мельнице в смесь вносился коллоидный графит в количестве 0,7, 0,9, 1,2 и 1,6% масс.

Спекание порошков осуществлялось на установке «Dr. Sintermodel SPS-625» в вакууме в графитовых пресс-формах ($V = 50$ °C/мин, $P = 70$ Мпа). Образцы спекались при $T = 1050$ °C и 1100 °C, а также при 1150 °C с проведением изотермической выдержки в течение 0, 10 и 80 мин при заданной температуре спекания. Поверхности спеченных образцов полировались алмазной пастой до дисперсности частиц 1/0 мкм.

Рентгенодифракционные эксперименты проводились на порошковом дифрактометре «Shimadzu XRD-7000» (CuKα, $\lambda = 1,54$ Å). Условия съемки были выбраны на основе [2]: «режим широкой щели» в диапазоне углов 30 – 80 °C шагом сканирования $0,04$ ° и временем экспозиции 3 с.

Относительный рост зерен фиксировался по величине ОКР, определяемой методом Шеррера в программном комплексе «Diffrac. EVA». Так, увеличение времени изотермической выдержки в процессе спекания при $T = 1150$ °C приводит к росту зерен от 20 нм (для исходного порошка) до 23–25 нм в образцах, спеченных без выдержки, до 30 нм при выдержке в 80 мин.

Результаты количественного фазового анализа показывают отсутствие η-фазы и снижение количества кобальта от 10 до 1 масс. % во всех

исследуемых образцах. Это может свидетельствовать о том, что увеличение содержания графита в исходном порошке и повышение температуры спекания позволяет достигнуть большего смачивания зерен карбида вольфрама кобальтом по всему спекаемому объему. Оптимальным вариантом является содержание графита в исходном порошке до 0,9% масс. и проведение спекания при $T = 1150$ °С с изотермической выдержкой.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ
№ 19–03–00925.*

Литература

1. Получение нанопорошков карбидов и твердосплавных смесей с применением низкотемпературной плазмы / Н. В. Исаева [и др.] // Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. 2013. № 3. С. 7–14.
2. Андреев П. В., Сметанина К. Е., Ланцев Е. А. Рентгеновское исследование фазового состава мелкозернистых керамических материалов на основе карбида вольфрама // Заводская лаборатория: Диагностика материалов. 2019. № 85 (8). С. 37–42.