

ИСКРОВОЕ ПЛАЗМЕННОЕ СПЕКАНИЕ БОРИДОВ МОЛИБДЕНА, ПОЛУЧЕННЫХ БЕЗВАКУУМНЫМ ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ МЕТОДОМ

Васильева Ю.З.¹, Некля Ю.А.²

¹НИ ТПУ, научный сотрудник ЛПМЭО, ИШЭ,

e-mail: yzv1@tpu.ru

²НИ ТПУ, ИЯТШ, студент 0А15,

e-mail: yan26@tpu.ru

Во многих отраслях промышленности возрос спрос на материалы, свойства которых позволяют их использовать в физически и химически агрессивных средах. Одним из кандидатов на роль сверхтвёрдого материала является борид молибдена [1]. Этот материал обладает уникальными физическими и химическими свойствами. Соединение системы «молибден-бор» имеет высокую температуру плавления, повышенную твердость и термическую устойчивость. Борид молибдена может быть использован в качестве материала для создания конструктивных приложений, требующих стабильной работы в условиях высоких температур [2]. Отмечается, что керамика на основе борида молибдена, обладает высоким пределом прочности [3].

Методы получения борида молибдена весьма разнообразны, одними из популярных считаются высокотемпературный и механохимический синтез. Одним из перспективных направлений синтеза данных структурных соединений является безвакуумный электродуговой метод. Ранее проводился синтез боридов молибдена дуговым разрядом в условиях воздушной среды [4].

Согласно литературе, для получения объемных керамических образцов боридов молибдена используют термобарический метод [5] или нагрев в печи в атмосфере водорода [6]. Стоит отметить, что в литературе отсутствуют сведения о получении объемных керамических образцов боридов молибдена искровым плазменным спеканием. В данной работе представлены экспериментальные исследования по получению объемных керамических образцов, на основе боридов молибдена, полученных электродуговым методом в воздушной среде.

Целью исследования является получение объемных керамических образцов, на основе боридов молибдена, искровым плазменным спеканием и исследование фазового состава полученных образцов методом рентгеновской дифрактометрии. Также необходимо провести оценку твердости по Виккерсу спеченных керамических образцов.

Для спекания синтезированного порошка борида молибдена проводили искровое плазменное спекание с использованием установки GT Advances Technologies SPS. Перед началом работы порошок борида молибдена, полученный при атомном соотношении $\text{Mo/B} = 1/2$, помещали в графитовую форму с внутренним диаметром 12,7 мм. Затем форму помещали между двумя графитовыми пуансонами и производили спекание до температуры 1650 °С в вакуумной среде в течении 10 мин. Скорость нагрева составляла 100 °С/мин при давлении до 50 МПа.

Для исследования фазового состава полученного образца проводили рентгеновскую дифрактометрию на приборе Shimadzu XRD-7000s. На рис. 1 представлена картина рентгеновской дифракции образца, содержащего фазы борида молибдена, до и после искрового плазменного спекания. Согласно данным рентгеновской дифрактометрии в образце до спекания идентифицируется наличие фаз борида молибдена таких, как: α -MoB (1,89 %), β -MoB (7,07 %) и MoB_2 (91,04 %). После спекания в объемном керамическом образце фазовый состав сохраняется, однако увеличивается доля фаз α -MoB (4,17 %) и β -MoB (13,03 %). Данное явление можно объяснить воздействием высокой температуры на исходный порошок, в результате чего происходит фазовое превращение MoB_2 в фазы MoB.

Для керамического образца, содержащего фазы борида молибдена, проводили измерения твердости по Виккерсу. Для оценки твердости по Виккерсу использовали твердомер с

индентором Берковича при нагрузке 100 мН. Для образца проводили не менее 10 измерений, после которых рассчитывалось среднеарифметическое значение твердости.

Согласно расчетным данным, значение твердости для керамического образца борида молибдена составляет $29,90 \pm 2,65$ ГПа.

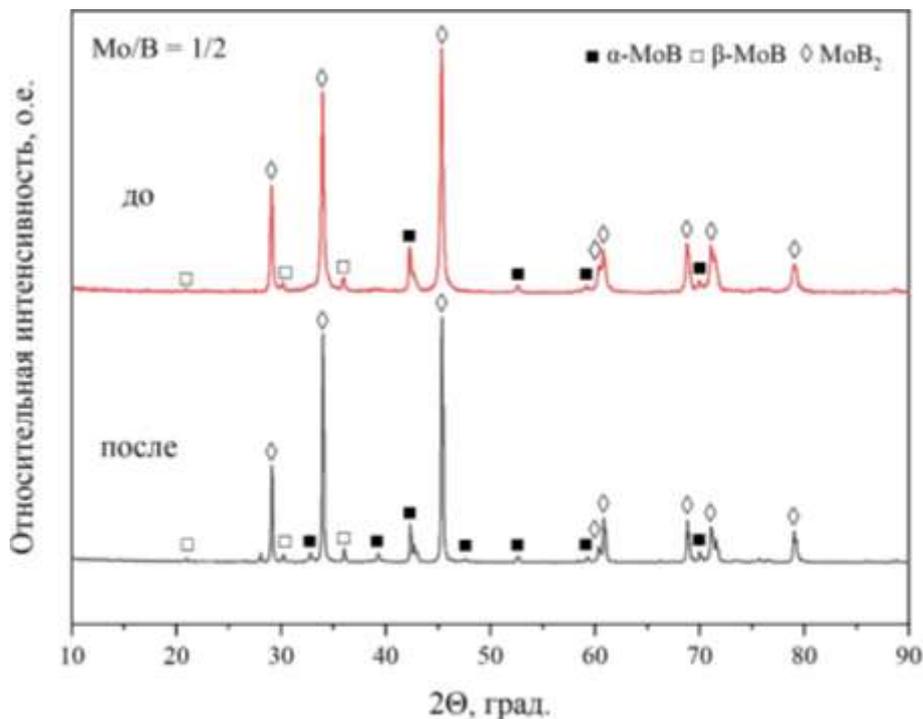


Рис. 1. Картина рентгеновской дифракции образца до и после спекания

Таким образом, в работе представлены экспериментальные исследования по получению объемных керамических образцов, содержащих фазы борида молибдена. Методом рентгеновской дифрактометрии определен фазовый состав до и после процесса спекания. Проведена оценка твердости по Виккерсу для объемного керамического образца борида молибдена, полученного при атомном соотношении $\text{Mo/B} = 1/2$.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-79-01145, <https://rscf.ru/project/23-79-01145/>.

Список литературы

1. Camurlu H.E. Preparation of singlephase molybdenum boride // Journal of alloys and compounds. – 2011. – Vol. 509, № 17. – P. 5431–5436.
2. Shein I.R., Shein K.I., Ivanovskii A.L. First-principles study on the structural, cohesive and electronic properties of rhombohedral Mo_2B_5 as compared with hexagonal MoB_2 // Physica B: Condensed Matter. – 2007. – Vol. 387, № 1–2. – P. 184–189.
3. Kudaka K., Iizumi K., Sasaki T., Okada S. Mechanochemical synthesis of MoB_2 and Mo_2B_5 // Journal of alloys and compounds. – 2001. – Vol. 315, № 1–2. – P. 104–107.
4. Васильева Ю.З., Пак А.Я., Сперанский М.Ю., Лавренчук А., Некля Ю.А. Синтез микроразмерных порошков боридов молибдена под действием атмосферного дугового разряда переменного тока // Письма в журнал технической физики. – 2024. – Т. 50, № 12. – С. 16–19.
5. Tao Q., Zhao X., Chen Y., Li J., Li Q., Ma Y., Wang X. Enhanced Vickers hardness by quasi-3D boron network in MoB_2 // RSC advances. – 2013. – Vol. 3, № 40. – P. 18317–18322.
6. Steinitz R., Binder I., Moskowitiz D. System molybdenum-boron and some properties of the molybdenum-borides // JOM. – 1952. – Vol. 4, № 9. – P. 983–987.