

УДК 621.762

**А. Ф. Ильющенко**, член-корр. НАН Беларуси;  
**С. В. Побережный, В. М. Шелехина**, кандидаты технических наук

Государственное научное учреждение «Институт порошковой металлургии», г. Минск,  
Республика Беларусь

## КАРБИДОВОЛЬФРАМОВЫЙ ТВЕРДЫЙ СПЛАВ С ДОБАВКАМИ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ И ЦИРКОНИЯ

*There have been presented the results of investigation for pressing, sintering and properties of tungsten carbide hard metal alloyed with the additions of alumina and zirconium oxide.*

К материалам, имеющим важное значение для обрабатывающей и ряда других отраслей промышленности, относятся твердые сплавы на основе карбида вольфрама. Физико-механические свойства твердых сплавов определяются следующими факторами: соотношением составляющих фаз карбида вольфрама и кобальта, размером зерна карбида вольфрама, степенью связанности и смежности карбидных зерен, наличием легирующих элементов и различного рода добавок[1].

Цель настоящей работы – исследовать процессы прессования и спекания карбидовольфрамового твердого сплава с добавками оксида алюминия и циркония, формирования структуры и свойств спеченных материалов.

Готовили смеси порошков твердого сплава ВК15 (средний размер частиц – 1,5 мкм) с оксидами, полученными химическим синтезом ( $Al_2O_3$  (1) и  $ZrO_2$ , средний размер частиц – 0,1–0,2 мкм, и электрокорундом  $Al_2O_3$  (2) (средний размер частиц – 1 мкм). Концентрация оксидов в смеси – 0,5–15 мас. %.

Из смесей порошков при давлении 50–300 МПа прессовали образцы диаметром и высотой по 10 мм, которые спекали в вакуумной печи в интервале температур 1200–1500 °С в течение 1–2 ч при скорости нагрева 4 град/мин. Микроструктуру и химический состав спеченных материалов изучали с помощью сканирующего электронного микроскопа «CamScan» (Англия) и микроскопа высокого разрешения MIRA/TESCAN. Триботехнические испытания провели на машине трения МТ-1 при трении по стальному диску.

Как видно из рис. 1, 2, при любом давлении прессования относительная плотность прессовок снижается с повышением концентрации оксидов.

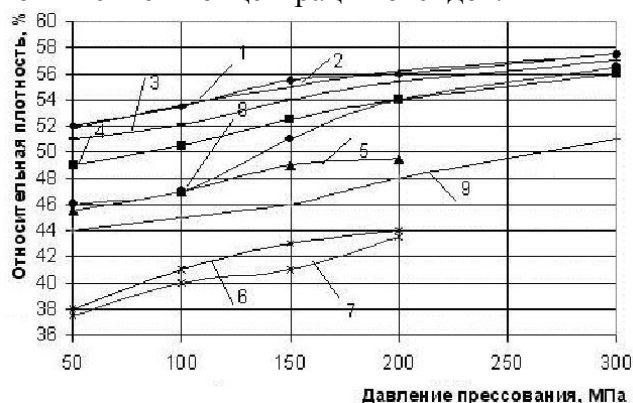


Рис. 1. Влияние давления прессования на относительную плотность образцов с добавками оксида алюминия: 1- 100 мас. % ВК15; 2 – 0,5 мас. %  $Al_2O_3$  (1); 3 – 1 мас. %  $Al_2O_3$  (1); 4 – 2 мас. %  $Al_2O_3$  (1); 5 – 5 мас. %  $Al_2O_3$  (1); 6 – 10 мас. %  $Al_2O_3$  (1); 7 – 15 мас. %  $Al_2O_3$  (1); 8 – 2 мас. %  $Al_2O_3$  (2); 9 – 5 мас. %  $Al_2O_3$  (2)

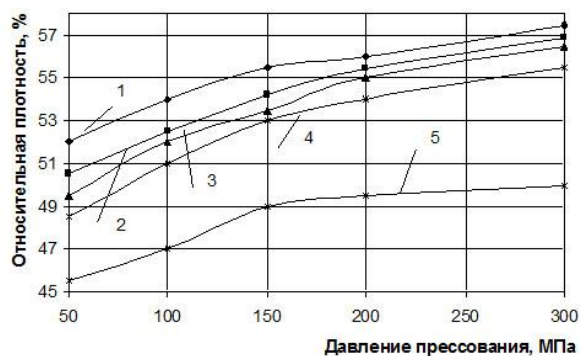


Рис. 2. Влияние давления прессования на относительную плотность образцов с добавками оксида циркония: 1 – 0,5 масс. % ZrO<sub>2</sub>, 2 – 1,5 масс. % ZrO<sub>2</sub>, 3 – 2,5 масс. % ZrO<sub>2</sub>, 4 – 5 масс. % ZrO<sub>2</sub>

Твердые дисперсные частицы оксидов препятствуют движению частиц уплотняемого порошка при прессовании и соответственно уплотнению. С введением порошка Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2) плотность прессовок по сравнению с плотностью порошков, содержащих Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, снижается (1).

Результаты исследования процесса спекания показаны на рис. 3–5.

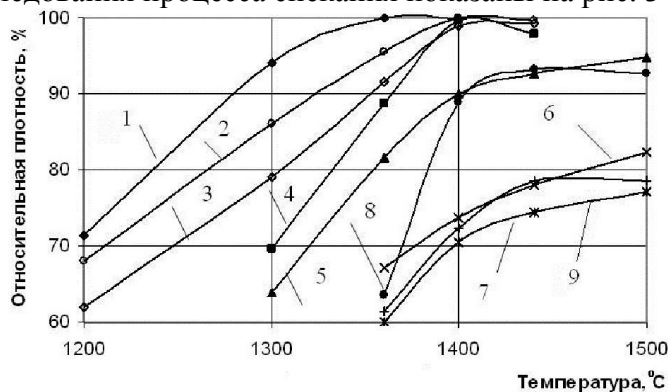


Рис. 3. Влияние температуры спекания на относительную плотность спеченных образцов с добавками оксида алюминия: 1- 100 мас. % BK15; 2 – 0,5 мас. % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1); 3 – 1 мас. % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1); 4 – 2 мас. % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1); 5 – 5 мас. % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1); 6 – 10 мас. % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1); 7 – 15 мас. % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1); 8 – 2 мас. % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2); 9 – 5 мас. % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2)

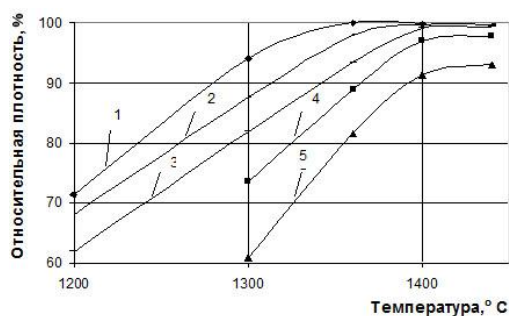


Рис. 4. Влияние температуры спекания на относительную плотность образцов с добавками оксида циркония: 1 – 100 мас. % BK15, 2 – 0,5 масс. % ZrO<sub>2</sub>, 3 – 1,5 масс. % ZrO<sub>2</sub>, 4 – 2,5 масс. % ZrO<sub>2</sub>, 5 – 5 масс. % ZrO<sub>2</sub>

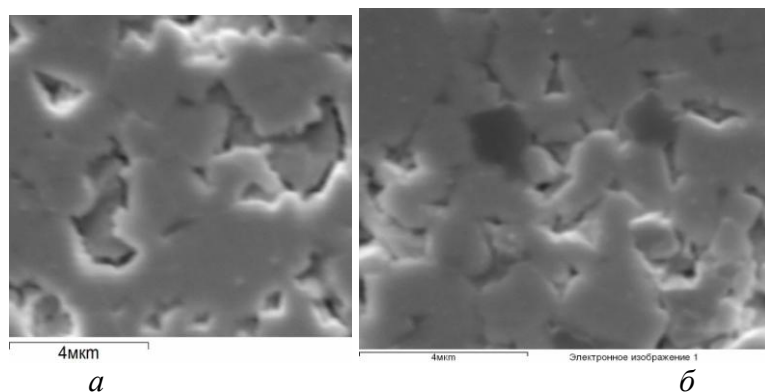


Рис. 5. Микроструктура твердых сплавов: а – 100 мас. % ВК15, б – 2 мас. %  $Al_2O_3$

С введением оксидов алюминия и циркония в твердый сплав повышается температура спекания и снижается плотность спеченных образцов. На спеченных сплавах пористость менее 1 % можно получить при содержании оксидов не более 0,5–1 масс. %. Электрокорунд, размер частиц которого существенно превышает размер частиц оксида, полученного химическим путем, интенсивнее замедляет процесс уплотнения твердого сплава при спекании, происходящий за счет перекристаллизации через жидкую фазу и взаимного перемещения частиц карбида. С добавлением оксидов размер карбидного зерна уменьшается на 10–20 %.

Введение в твердый сплав до 1–1,5 масс. % оксидов на 25–30 % повышает износостойкость сплава (рис. 6).

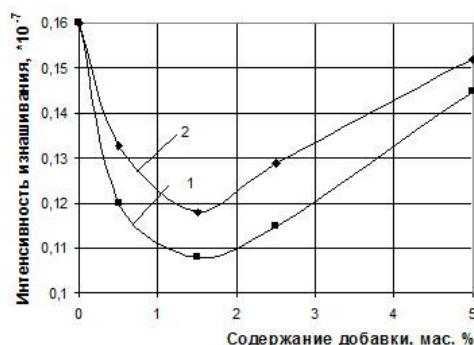


Рис. 6. Влияние добавки оксида алюминия (1) и оксида циркония (2) на износостойкость твердого сплава

Дальнейшее увеличение концентрации добавки значительно снижает износостойкость, что, очевидно, связано с повышением пористости.

### Литература

1. Панов В. С., Нарва В. К. Научные положения регулирования свойств спеченных твердых сплавов (аналитический обзор) // Цветная металлургия. – 2004. – № 6. – С. 28–35.

Поступила 06.07.10