

Письма в редакцию

УДК 669.25/27.539

О. В. Харченко, М. М. Прокопів (м. Київ)
Ю. Д. Сердюк (м. Маріуполь)

Структура твердых сплавів групи WC—Co після спікання в газовому середовищі

Повідомляється про структуру твердих сплавів групи WC—Co після їх спікання у вакуумі та в газовому середовищі без тиску та під тиском газу.

Ключові слова: *твердий сплав, вакуумне спікання, спікання в метано-водневому середовищі, компресійне спікання, структура.*

Вступ. На сьогодні спікання твердих сплавів групи WC—Co здійснюють у метано-водневому середовищі, у вакуумі та під тиском газу (азоту чи аргону) до 10 МПа. Не дивлячись на те, що в системі WC—Co є всі умови для отримання безпористої структури сплаву (рідка фаза, нульовий кут змочування, обмежене розчинення WC в кобальті), після спікання в метано-водневому середовищі та вакуумі (70—100 Па), в ній присутні як окремі крупні (> 50 мкм) пори, так і залишкова мікропористість на рівні A2-D2 (згідно з класифікацією ISO 4505) [1]. Схематично така структура представлена на рисунку. Можна припустити, що в порах сплаву після спікання в метано-водневому середовищі будуть присутні метан і водень, а після вакуумного спікання — повітря під тиском $p = 40—100$ Па.

Вплив метано-водневого середовища на спікання сплавів WC—Co було розглянуто з точки зору одержання в них двофазної структури. У [3] показано, що водень розчиняється в металах тим в більших об'ємах, чим вища температура нагрівання, внаслідок чого збільшується крихкість металів. Тому за наявності в структурі твердого сплаву рідкої фази з високою рухливістю вакансій атоми водню легше проникають в об'єм зразка. У [4] встановлено, що атоми газу взаємодіють з вакансіями і дислокаціями твердої та вакансіями рідкої фаз, зумовлюючи при цьому утворення газовакансійних комплексів, які призводять до збільшення існуючих або утворення нових газових пор. Крім того, об'єм водню, розчиненого в рідкій фазі при нормальних умовах, може перевищувати її об'єм в 5—20 разів.

На наш погляд, при охолодженні сплавів водень буде дифундувати з об'єму вольфраму на його поверхню з утворенням моношару, послаблюючи

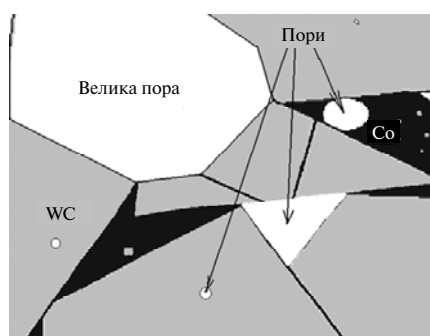
міжзеренні та міжфазні границі. У [4] показано також, що водень здатен адсорбуватися на поверхні кристала вольфраму в разі відсутності атомів на гранях атомної комірки. Тому в процесі рідкофазного спікання, коли вольфрам з поверхні малих зерен розчиняється в кобальті і осаджується на поверхні крупних зерен, водень буде адсорбуватися і розчинятися на його поверхнях. Внаслідок цього відповідно буде зменшуватися міцність зв'язку кобальту з границями зерен WC і, як наслідок, зменшуватися міцність сплаву в цілому. Цим в деякій мірі можна пояснити і нижчі фізико-механічні властивості сплавів групи ВК після спікання у метано-водневому середовищі в порівнянні з властивостями твердого сплаву, спеченого у вакуумі при однакових структурних параметрах.

Після компресійного спікання під тиском газу до 10 МПа в структурі сплаву ліквідуються крупні пори, а залишкова мікропористість зменшується до $A1(A2) 0.1(0.2)$ [2]. Це підтверджено дослідженням реальної структури твердих сплавів з різним вмістом Co [5] (див. рисунок, б).

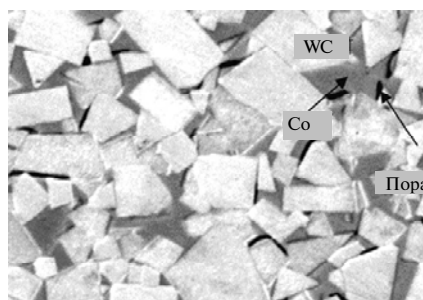
Технологія компресійного спікання включає дві стадії: спікання у вакуумі для отримання закритої пористості в структурі сплаву і спікання під тиском газу. Після спікання у вакуумі, перед напуском газу, структура сплаву аналогічна структурі, зображеній на рисунку, а.

Після напуску газу в установку до утворення робочого тиску на поверхні зразка і в його об'ємі створюється градієнт тиску, що зумовлює активацію процесу ущільнення заготовки.

Атоми робочого газу (азоту та аргону) мають малий атомний радіус і малу енергію міграції [4]. Поскільки напуск газу відбувається при температурі рідкофазного спікання, його атоми будуть проникати в об'єм матеріалу, заповнюючи пори до рівня тиску газу в печі. Крім того, ці атоми здатні розчинятися в кобальті, що, можливо, вплине на розчинність карбіду вольфраму в ньому, а також на змочування в процесі рідкофазного спікання. При охолодженні сплаву розчинений у рідкій фазі газ буде виділятися і осідати на границях зерен WC—WC і WC—Co, що зумовить послаблення міцності їх контакту та міцності сплаву в цілому. Тому структура сплаву, спеченого під тиском газу, буде аналогічна структурі сплаву після спікання у метано-водневому середовищі (див. рисунок, а), але без крупних пор, а тиск у залишкових мікропорах буде аналогічний робочому тиску спікання.



а



б

Схематичне зображення структури твердого сплаву групи WC—Co після спікання у вакуумі та в метано-водневому середовищі (а); реальна структура сплаву BK15 після спікання під тиском аргону $p = 2,5$ МПа (б); $\times 2500$, PEM “CamScan”.

Якщо тиск газу при спіканні сприяє зменшенню пористості в структурі сплаву і підвищує його фізико-механічні властивості, то, з урахуванням ви-

шенаведеного, це підвищення буде мінімальне. Цим пояснюється, що максимальне (до 100 %) підвищення фізико-механічних властивостей при компресійному спіканні відбувається у малокобальтових сплавах, а мінімальне (10—20 %) — у багатокобальтових, а також те, що збільшення тиску газу з 2,5 до 5 МПа не приводить до збільшення їх міцності [6].

Припускаючи наявність газу під тиском у залишкових мікропорах структури сплаву після спікання в газовому середовищі, можна припустити зменшення зносостійкості сплавів в умовах механічної обробки під дією високих знакоперемінних температур та навантажень.

Видалити газ з об'єму твердого сплаву після спікання в газовому середовищі можна, якщо стадію охолодження або додатковий відпал його здійснювати у вакуумі. Так, в [7] показано що твердофазний відпал сплаву ВК100М після спікання не впливає на структуру та фізико-механічні властивості, але суттєво підвищує його експлуатаційні властивості.

Сообщается о структуре твердых сплавов группы WC—Co после их спекания в вакууме и в газовой среде без давления и под давлением газа.

Ключевые слова: *твердый сплав, вакуумное спекание, спекание в метано-водородной среде, компрессионное спекание, структура.*

The structure of hard alloys of the WC—Co group after sintering in a vacuum and in a gas atmosphere without pressure and under gas pressure has been considered.

Key words: *hard alloys, vacuum sintering, sintering in a methane—hydrogen atmosphere, pressure sintering, structure.*

1. Фальковский В. А., Клячко Л. И. Твердые сплавы. — М.: Изд. дом “Руда и металлы”, 2005. — 422 с.
2. Панов В. С., Чувилин А. М., Фальковский В. А. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них. — М.: МИСиС, 2004. — 464 с.
3. Черемской П. Г., Слезов В. В., Бетехтин В. И. Поры в твердом теле. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 375 с.
4. Робертс М., Макки Ч. Химия поверхности раздела металл—газ. — М.: Мир, 1981. — 540 с.
5. Prokopiv M. M. Study of the microporosity of WC—Co alloys // J. Superhard mater. — 2008. — N 4. — P. 266—272.
6. Kolaska H., Dreyer K., Schaaf G. Use of the combined sintering HIP process in the production of hard metals and ceramics // Powder Metal. Int. — 1989. — 21, N 1. — P. 22—28.
7. Прокопів М. М., Харченко О. В. Вплив відпалу у вакуумі сплаву ВК100М, спеченого в метано-водневому середовищі, на його структуру, фізико-механічні властивості, кінетику зносу в умовах різання // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент — техника и технология его изготовления: Сб. науч. тр. — Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2009. — Вып. 12. — С. 315—321.

Ін-т надтвердих матеріалів
ім. В. М. Бакуля НАН України
ВАТ “Головний спеціалізований
конструкторсько-технологічний ін-т”

Надійшов 26.10.09