

М.О. Юрчук, к.т.н.

*Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля
НАН України*

І.М. Діордіца, асист.

В.М. Юрчук, студ.

Національний технічний університет України «КПІ»

ДЕЯКІ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СЕРЕДНЬОЗЕРНИСТОГО ТВЕРДОГО СПЛАВУ ВК6, СПЕЧЕНОГО ЗА ТЕМПЕРАТУРИ ІСНУВАННЯ РІДКОЇ ФАЗИ

В статті описуються особливості формування структури твердого сплаву ВК6 за температури існування рідкої фази, сформульовані основні принципи отримання в серійних умовах двофазних твердих сплавів групи ВК з оптимальною структурою.

Вступ. Проблема формування структури при спіканні твердих сплавів є до сих пір дискусійною. Це обумовлено тим, що на формування структури твердих сплавів впливає дуже багато суб'єктивних і об'єктивних факторів. Особливо дискусійним є механізм формування структури в процесі спікання.

Автори більшості досліджень схиляються до того, що при спіканні діють два механізми: перекристалізація через рідку фазу і коалесценція [1, 2]. Але це не доведено. Так відомо [3], що перекристалізація через газову і рідку фазу проходить з прийнятною швидкістю, тоді, коли розмір частинок менше 10^{-5} см, тобто менше 10^{-1} мкм. При виготовленні твердих сплавів вихідний розмір частинок WC складає 1-3 мкм, тобто більший від вказаного. Тому якщо процес перекристалізації і проходить, то з невеликою швидкістю.

Крім того, не зважаючи на те, що при охолодженні сплаву від лінії ліквідус механізм зародження і росту монокристалів за рахунок виділення з розплаву змінюється на механізм перекристалізації через рідку фазу, на що вказують Ліфшиц і Сльозов [4], не встановлено, за якої же температури спікання твердих сплавів один механізм змінюється на інший. При цьому бездоказово ігнорується механізм зародження і росту первинних кристалів із рідкої фази. Не виключно що, при охолодженні з високих температур спікання в структурі твердих сплавів повинні з'являтися первинні кристали WC-фази, що виділяються з рідкої фази, якої при високих температурах спікання

вже існує значна кількість. Тому проблема наявності різних видів кристалів карбіду вольфраму в структурі твердих сплавів досі є дискусійною і вимагає нових досліджень.

Процес коалесценції частинок карбіду вольфраму (WC) може протікати тільки тоді, коли вони торкаються одна одної. В твердих сплавах же це відбувається тільки тоді, коли в сплаві мало зв'язки.

Значні недоробки є і в методичному плані. Відсутність комп'ютерів в ті часи, коли проводились дослідження процесів формування структури при спіканні твердих сплавів, не дозволяла обчислювати велику кількість зерен WC, тому при обчисленні могли бути отримані значні відхилення від дійсних величин, що могло вплинути на висновки, зроблені в розглянутих роботах.

Враховуючи значні недоліки в дослідженні процесів формування структури твердих сплавів і нові методичні можливості, була проведена робота по дослідженню впливу температури спікання кобальтового середньозернистого твердого сплаву ВК на процес формування його мікроструктури. При цьому основну увагу було звернено на виявлення механізмів зародження, росту і перекристалізацію через рідку фазу зерен WC.

У роботі [5] наведені результати дослідження особливостей формування структури твердого сплаву ВК6 за температури існування рідкої фази, а також паспортні дані вихідної порошкової суміші сплаву, підготовка суміші до пресування і пресування дослідних зразків (штабиків), температура спікання сплаву.

Методика дослідження. Коерцитивну силу H_{cm} (кА/м) зразків вимірювали приладом "Кобальт-1" [6], густину спечених зразків ρ (г/см³) - методом гідростатичного зважування лабораторними вагами ВЛР-200м [7], твердість зразків за Роквеллом (шкала А) HRA шляхом вдавлювання алмазного наконечника з внутрішнім кутом $120^{\circ} \pm 0,5^{\circ}$ під попереднім навантаженням 98,07Н і загальним 1471Н твердоміром моделі ТК-2 [8].

Межі міцності при згині сплавів R_{bm} (МПа) визначали за методикою випробувань твердих сплавів [9]. Для одержання достовірних значень в одній точці використовували по п'ятнадцять зразків розміром $5 \times 5 \times 35$ мм, попередньо відшліфованих до стандартної шорсткості поверхні [10]. Випробування здійснювали відповідно до вимог стандарту [11] на універсальній випробувальній машині FP-10 (максимальне навантаження 9,8 кН) за триточкового навантаження при відстані між опорами $30 \pm 0,5$ мм. Навантажуючи опори були оснащені вкладками з твердого сплаву ВК3, що виключають змінання в місцях контакту опор з випробовуваним

зразком при навантаженні. Фіксували руйнівне навантаження, будували діаграму “навантаження P — переміщення по лінії дії сили F ”. Швидкість переміщення рухливої траверси становила 2 мм/хв. Межі міцності при згині сплавів обчислювали за формулою

$$R_{bm} = \frac{3 Pl}{2 bh}, \quad (1)$$

де P – навантаження руйнування зразка; l – відстань між опорами; b , h – розміри зразка в поперечному розрізі.

Результати дослідження. При спіканні сплаву за температур 1300–1550 °С його густина перебуває в допустимих державним стандартом межах – 14,6–15,0 г/см³, що відповідає густині сплаву, який випускається переважно твердосплавними заводами Росії. Подальше підвищення температури спікання до 1750 °С зумовлює збільшення пористості (табл. 1), що в основному приводить до зниження густини сплаву (рис. 1).

Подібна картина зміни коерцитивної сили, твердості та міцності R_{bm} сплаву ВКЗ [12] спостерігається і для сплаву ВК6, але дещо з іншими особливостями (рис. 1).

Таблиця 1.

Структурні характеристики твердого сплаву ВК6, спеченого за різних температур

Температура спікання, °С		1300	1350	1400	1450	1470	1500	1530	1550	1750
Кількість пор розміром	до 50 мкм, %	–	–	–	–	А–1 0,02	Д–1 0,1	Д–1 0,1	Д–1 0,1	Д–2 0,2
	50–100 мкм	–	–	–	–	54	52, 109	54, 109	73, 109	90, 2x109
Розподіл перетинів зерен WC за розмірами на шліфах сплаву, %	1,0 мкм	61	51	51	48	38	35	23	19	16
	2,0 мкм	22	22	22	19	18	18	16	15	15
	3,0 мкм	9	11	17	18	17	15	13	12	11
	4,0–5,0 мкм	6	6	5	5	14	15	15	17	20
	6,0–7,0 мкм	–	5	2	4	8	7	12	14	15
	8,0–10,0 мкм	1	3	2	3	3	6	9	11	7
	11,0–15,0 мкм	1	2	1	2	1	3	7	7	6
	16,0–20,0 мкм	–	–	–	1	1	1	4	4	6
	20,0 мкм	–	–	–	–	–	–	1	1	2
	30,0 мкм	–	–	–	–	–	–	–	–	2
Ширина прошарків в 10 полях зору Co фази, мкм		0,1–0,2	0,1–0,2	0,1–0,2	0,1–0,2	0,5 *р. 1,0	0,2–0,3	0,5	1,0 *р. 1,0	1,0–2–3 *р. 4
Особливості структури		–	–	–	–	–	неоднорідна	неоднорідна	неоднорідна	неоднорідна
Максимальний розмір зерен WC в одному полі зору, мкм		–	–	–	–	–	20x30	45	45	50
Вміст включень вільного C в структурі сплаву, % (по об'єму)		0,3–0,5 по всій поверхні	0,3–0,4 по всій поверхні	0,2	0,1–0,2 по всій поверхні	0,1 по краю	–	–	–	0,1–0,2 по всій поверхні

Примітки: 1. *р. – рідко. 2. η_1 -фази в сплаві не виявлено.

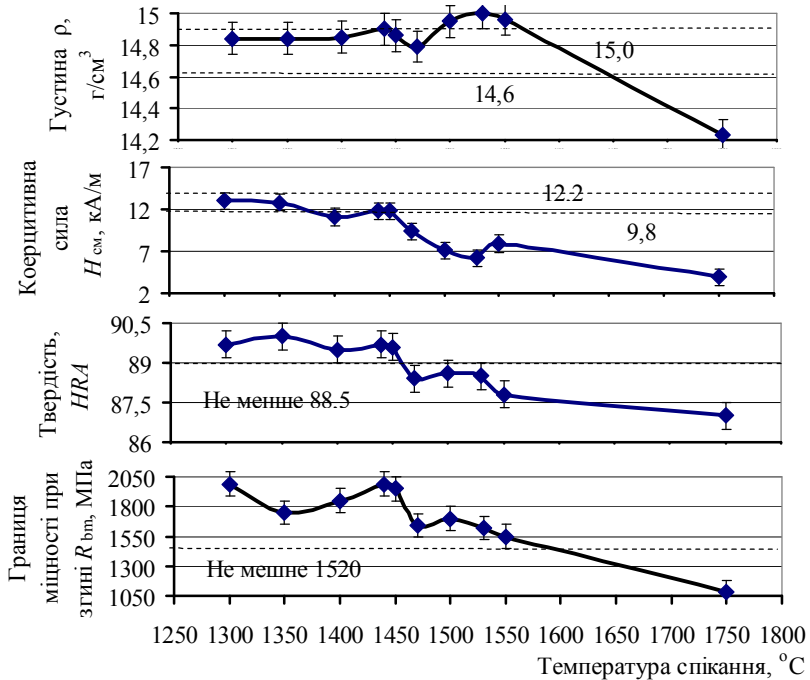


Рис. 1. Фізико-механічні властивості твердого сплаву ВК6 (штрихові лінії вказують на граничні властивості згідно зі стандартами)

Коерцитивна сила зменшується з 13,0 кА/м за температури спікання 1300 °C до 11,8 кА/м за 1450 °C, але на цьому відрізку існує провал на $T_{сп} = 1400$ °C, де коерцитивна сила має значення 11,0 кА/м, який не можна пояснити. (Імовірно це випадковість.) Твердість сплаву ВК6 в інтервалі температур 1300–1440 °C змінюється хвилюподібно, від 89,7 за температури 1300 °C, 90 за температури 1350 °C, 89,5 за температури 1400 °C і до 89,6 за температури 1440 °C. Міцність R_{bm} в інтервалі температур 1300–1440 °C також провалюються. За $T_{сп} = 1300$ і 1440 °C міцність $R_{bm} = 1990$ МПа, а за $T_{сп} = 1350$ °C лише $R_{bm} = 1750$ МПа. Однак підвищення температури $T_{сп}$ з 1440 до 1750 °C призводить до різкого зниження всіх характеристик сплаву. Така зміна характеристик проходить за рахунок росту пористості сплаву, росту розміру перетину зерна WC та ширини прошарків кобальтової фази (табл. 1).

Висновки. Густина сплаву, яка відчутно знижується за рахунок утворення пористості знижується вже за температур спікання більше 1550 °С (в сплаві ВК3 зниження густини спостерігається за температур спікання більше 1500 °С). І зниження коерцитивної сили, твердості і міцності R_{bm} спостерігається за температури спікання більше 1500 °С (в сплаві ВК3 зниження вказаних властивостей спостерігається за температур спікання більше 1450 °С). Коерцитивна сила, твердість і міцність R_{bm} сплаву ВК6 також більш чутливі до утворення пор в сплаві.

Як слідує з літературного огляду сплави ВК3 і ВК6 по стану карбідного скелету відносяться до одного класу, тобто до сплавів, в яких існує карбідний скелет. Тому логічно, що для них отримано аналогічні дані.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Gopal S. Upadhyaya. Cemented tungsten carbides. Indian Institute of Technology, Kanpur. 1998. – 403 p.*
2. Бондаренко В.П., Павлоцкая Э. Г. Спекание вольфрамowych твердых сплавов в прецизионно контролируемой газовой среде. – К. : Наук. думка, 1995. – 204 с.
3. Физическая энциклопедия / Гл. ред. А.М. Прохоров – М.: Сов. Энциклопедия. – 1990. – 703 с.
4. *Ливици М.М., Слезов В.В. О кинетике диффузионного распада пересыщенных твердых растворов // Экспериментальная и теоретическая физика. – 1998. - № 1.– С. 56-67.*
5. *Юрчук М.О. Особливості формування структури середньозернистого твердого сплаву ВК6, спеченого за температури існування рідкої фази. //Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр.–2010.– Вып. 13.–С. 543 – 550.*
6. ГОСТ 24916–81. Сплавы твердые спеченные. Метод определения коэрцитивной силы.
7. ГОСТ 20018–74. Сплавы твердые спеченные. Метод определения плотности.
8. ГОСТ 20017–74. Сплавы твердые спеченные. Метод определения твердости по Роквеллу.
9. ГОСТ 20019–74. Сплавы твердые спеченные. Определение предела прочности при поперечном изгибе.

10. ГОСТ 2789–73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
11. ГОСТ 28840–90. Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования.
12. *Юрчук М.О.* Властивості середньозернистого твердого сплаву ВК3, спеченого за температури існування рідкої фази // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – 2009. – Вып. 12. – С. 424–429.

ЮРЧУК Микола Олександрович – кандидат технічних наук, Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України.

Наукові інтереси:

- матеріалознавство;
- підвищення працездатності різальних інструментів.

ДІОРДІЦА Ірина Миколаївна – асистент, Національний технічний університет України «КПІ».

Наукові інтереси:

- нові технології;
- матеріалознавство.

ЮРЧУК Василь Миколайович – студент Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

- матеріалознавство;
- технологія машинобудування.

Подано 07.09.2011