

- Neutron Powder Diffraction: Implications for the Nature of the Inter-Icosahedral Chains. *J. Phys. Chem*, 100, 8031–8039.
9. PCPDF 35–0787. В₄С
10. Samsonov, G. V., Serebryakova, T. I., & Neronov, V. A. (1975). *Boridy [Borides]*. Moscow: Atomizdat [in Russian]
11. Goldschmidt, H. J. (1967) *Interstitial Alloys. Chapter 6. Borides*. (pp. 254–295). Plenum, New York; Butterworths, London..

УДК 669.018.25

В. П. Ботвинко, канд. техн. наук

*Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України,
вул. Автозаводська, 2, м. Київ, Україна*

ВПЛИВ ЛЕГУЮЧИХ МІКРОДОБАВОК VC, TaC НА СТРУКТУРУ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДОГО СПЛАВУ BK10

Досліджено вплив технологічних чинників на структуру, фізико-механічні та експлуатаційні властивості сплаву BK10, легованого карбідами VC та TaC. Визначено оптимальні технологічні режими спікання для виготовлення легованих сплавів BK10 з полішеними фізико-механічними властивостями та структурою.

Ключові слова: мікродобавка, структура, фізико-механічні властивості, твердий сплав BK10, легування, карбідний скелет

Вступ

Твердосплавний інструмент в експлуатації витримує високі, нерівномірно розподілені за об'ємом, періодичні термомеханічні навантаження. Тому доцільним є підвищення фізико-механічних та експлуатаційних властивостей твердого сплаву легуванням карбідами VC та TaC [1–4]. Під час легування збільшується границя плинності твердого сплаву, міцність міжфазних границь, площа і якість міжкарбідних границь, удосконалюються форма і розмір зерен WC, кобальтових прошарків [1–4]. Тому розробка нових легованих твердих сплавів BK10 для бурового та різального інструменту є актуальною науковою і технологічною проблемою.

Методика дослідження

Основний метод приготування сумішей – додавання до готової твердосплавної суміші або суміші карбіду WC з порошком в'язального металу Co мікродобавок тугоплавких сполук з подальшим розмелюванням.

Середньозернисті твердосплавні суміші замішували на 5%-ому розчині синтетичного каучуку у бензині згідно з технологічною інструкцією [1–4]. Вміст 5%-го розчину каучуку в бензині становив 350 ± 20 см³ на 1 кг суміші. Розчин каучуку готували за технологічною інструкцією [1–4]. Замішані на розчині синтетичного каучуку твердосплавні суміші висушували у витяжній шафі, безперервно перемішуючи їх аптечним шпателем вручну. Просушені суміші подрібнили з одночасним усередненням у вібротліні з порцеляновими кулями № 10 (діаметром 15 мм) протягом 2 год та просіяли крізь сито з розміром комірок 340 мкм.

З підготовлених сумішей спресували контрольні штапики розміром 7×7×45 мм для встановлення оптимальних режимів спікання партії суміші.

Структурні особливості сплавів після спікання досліджували на зразках у вигляді циліндрів діаметром 10–11 мм і висотою 17–19 мм.

Пресували зразки з підготовлених до пресування сумішей у сталевих прес-формах на гідравлічному пресі. Наважку на один зразок або заготовку розраховували з огляду на об'єм спечених зразків і густину відповідної марки сплаву. Пористість пресовки становила 50%.

Усі отримані зразки, заготовки кілець та пластин просушували в сушильній шафі за температури $T \approx 150$ °С протягом 24 год.

Кінцеве спікання пресовок здійснювали в метано-водневому середовищі у прохідних печах за температури 1370–1500°С, у водні – за температури 1400°С та у вакуумі – за температури 1400–1500 °С. Температуру нагрівання під час спікання в печах вимірювали вольфрам-ренієвою термопарою.

Фізико-механічні властивості та структурні параметри вихідних матеріалів та отриманих зразків твердих сплавів визначались, відповідно, за методиками [1–4].

Результати дослідження та їх обговорення

Легування карбідами VC і TaC сплавів BK10 підвищує у більшості випадків границю міцності під час згинання до 25%, твердість на 1–1,5 HRA, незначно зменшує кількість вуглецю (табл. 1, 2, рисунок).

Таблиця 1. Вплив легуючих мікродобавок VC, TaC на властивості твердих сплавів BK10 (мас.%)

№.зразка. Марка сплаву.	T _{сп.} , °С- вит- римка	H _{см} , КА/М	ρ, г/см ³	Вміст C, %	HR A	Середн. розмір зерна, мкм	R _{bm} , МПа	Вміст зерен WC за класами зернистості, %					
								0,5 мкм	1 мкм	2 мкм	3 мкм	4-5 мкм	6-7 мкм
1. BK10K _{вих}	1470–30	5,8	14,12	0	85	2,81	1600	-	37	21	10	18	14
2. BK10KC	1470–30	6,4	14,47	0,1- 0,2	87,5	2,245	1730	25	29	18	16	9	9
3. BK10+ 0,1%VC*	1460–12	9,5	14,2	0,2- 0,3	88	1,43	1790	30	41	16	5	6	2
4. BK10K+ 0,5 % VC	1470–30	6,8	14,16	0,3	86,1	1,495	1640	39	26	17	10	6	2
5. BK10KC +0,5% VC	1470–30	6,4	14,35	0,3- 0,4	88	2,33	1500	-	33	17	18	22	2
6. BK10+ 0,5 % VC	1470–30	5,5	13,04	0,4	85	1,93	1610	-	47	30	13	9	1
7. BK10+ +0,5 %TaC	1470–30	6,3	14,12	0,3- 0,5	85	2,21	1550	-	43	28	22	11	1
8. BK10KC+ 0,5%TaC	1470–30	6,0	14,43	0,1	88	2,695	1840	-	30	30	20	15	8
9. BK10+ 0,6 %TaC	1450-30	11,5	14,43	0	89	2,185	1590	24	46	23	6	1	0

Найбільш високу границю міцності під час згинання сплавів BK10 отримано у легуваних 0,05–0,1% VC і 0,1–0,6% TaC, становить відповідно 2100–1900 МПа після спікання в метано-водневому середовищі за температури 1440 °С, витримки 120 хв та у вакуумі за температури 1470 °С і витримки 30 хв. Оптимальна кількість мікродобавок за VC близька до даних фірми «Kennametal», а за TaC – до даних фірми «Sandvik Hard Materials».

Таблиця 2. Вплив легуючих мікродобавок (мас.%) на властивості сплаву ВК10 після спікання у метано-водневому середовищі ($T_{сп} = 1420^{\circ}\text{C}$, витримка 120 хв.)

Вміст добавки (мас.%)	Густина, г/см ³	H_{CM} , кА/м	Вміст С, %	HRA	R_{bm} , МПа	Серед. розмір зерна, мкм	Розподіл зерен WC за класами зернистості, %					
							1 мкм	2 мкм	3 мкм	4-5 мкм	6-7 мкм	8-10 мкм
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12
ВК10 вих..	14,37	8,1	0,3–0,4	87,7	1650	2,13	48	21	19	8	2	2
0,05% VC	14,40	8,9	0,2	88,5	1780	2,195	51	18	14	12	3	2
0,1% VC	14,46	8,8	0,3	88,5	2040	2,445	51	12	14	15	4	4
0,2% VC	14,45	8,8	0,1	88,7	1620	2,24	50	19	13	12	4	2
0,4% VC	14,53	9,8	0,1	88,7	1640	2,59	55	16	7	6	6	10
0,05% TaC	14,35	8,9	0,2	88,5	1880	1,935	54	27	8	7	2	2
0,1% TaC	14,47	9,3	0,1–0,2	89,1	1850	1,985	55	17	15	11	1	1
0,15% TaC	14,37	9,2	0,2	88,6	1900	1,83	59	20	11	8	1	1
0,5 % TaC*	14,43	6,0	0,1	88	1840	2,5	30	30	20	15	5	0

*спікання в вакуумі за температури 1470°C , витримки 30 хв

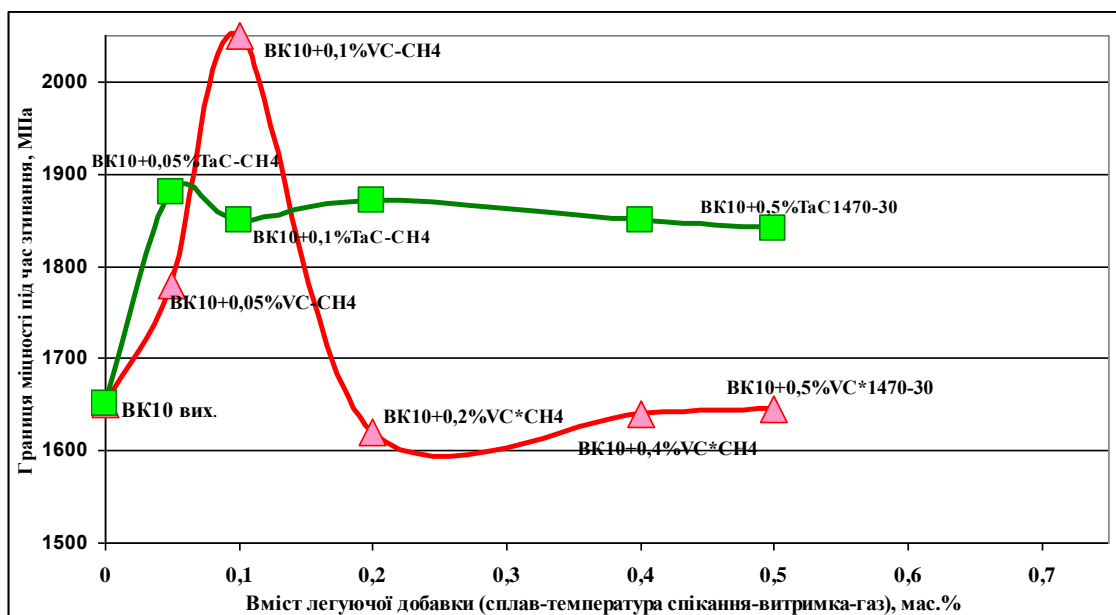


Рисунок. Залежність максимальної межі міцності під час згинання сплавів ВК10 від вмісту мікродобавок VC і TaC (мас.%)

Коерцитивна сила збільшувались, а середній розмір зерна сплавів ВК10 зменшувався під час легування TaC та майже не змінювались під час легування VC зі збільшенням вмісту фракції розміром 1 мкм, залежали від температури спікання, витримки, вмісту легуючої мікродобавки.

Найбільше підвищували твердість HRA легування сплавів ВК10 0,05–0,6% TaC та 0,05–0,4% для карбіду VC.

Більший ефект зміцнення твердих сплавів VK10 легуванням карбідом VC порівняно з TaC можна пояснити формуванням під час спікання карбідного скелета WC з розвиненою рельєфною поверхнею з тонкими плівками складних карбідів (WV)C, які підвищують роботу руйнування границь WC-WC внаслідок утримання на їхніх гранях більшої кількості кобальту та більшої міцності зчеплення прошарку кобальту з гранню кристала WC порівняно з тонкими плівками складних карбідів (WTa)C, більшою розчинністю в кобальті, стійкістю до окиснення та меншою температурою евтектики (V або Ta)_xC_y-Co.

Висновки

1. Підвищення тривалості спікання до 2 год призводить до збільшення зерен WC за одночасного зниження інгібуючого впливу VC, TaC на збільшення зерен WC. Під час спікання у вакуумі сильніший інгібуючий вплив має карбід TaC, а в метано-водневому середовищі – карбід VC, що потребує подальших досліджень.

2. У сплавах VK10 після спікання в вакуумі наявна фракція зерен WC розміром 0,5 мкм, а після спікання в метано-водневому середовищі вона відсутня.

3. Оптимальний вміст мікродобавок у сплавах VK10 становить 0,05–0,5% для TaC та 0,1–0,15% для карбіду VC.

4. Оптимальна кількість мікродобавок у верхній межі для VC близька до даних фірми «Kennametal», для TaC – близька до даних фірми «Sandvik Hard Materials».

Исследовано влияние технологических факторов на структуру, физико-механические и эксплуатационные свойства сплава VK10, легированного карбидами VC и TaC. Определены оптимальные технологические режимы спекания для изготовления сплавов VK10 с улучшенными физико-механическими свойствами и структурой.

Ключевые слова: *мікродобавка, структура, физико-механические свойства, твердый сплав VK10, легирования, карбидный скелет.*

V. P. Botvinko

THE INFLUENCE OF VC AND TAs ALLOYING MICROADDITIVES ON THE STRUCTURE AND PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF VK10 HARD ALLOYS

The influence of technological factors on the structure, physico-mechanical and operational properties of the VK10 alloy doped by VC, TaC carbides were studied. The optimum technological sintering conditions for manufacturing alloys VK10 with enhanced structure and physico-mechanical properties were defined.

Key words: *microdoad, structure, physical and mechanical properties, solid alloy VK10, doping, carbide skeleton.*

Література

1. Третьяков В. И. Основы металловедения и технологии производства спеченных твердых сплавов. – М.: Металлургия, 1976. – 528 с.
2. Фальковский В. А., Клячко Л. И. Твердые сплавы. – М.: Руда и металлы, 2005. – 413 с.
3. Киффер Р., Шварцкопф П. Твердые сплавы. – М.: Металлургиздат, 1957 – 664 с.
4. Панов В. С., Чувилин А. М., Фальковский В. А. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них. – М.: МИСИС, 2004. – 464 с.

Надійшла 24.05.18

References

1. Tretyakov V. I. (1976). *Osnovy metallovedenia i tehnologii spechennykh tverdykh splavov [Bases of metal science and technology of production of sintered hard alloys]*. Moscow: Metallurgy [in Russian].
2. Falkovsky V. A., & Kliachko L. I. (2005) *Tverdye splavy [Solid alloys]*. Moscow: Ruda and metals [in Russian].
3. Kieffer R., & Schwarzkopf P. V. (1957) *Tverdye splavy [Solid alloys]*. Moscow: Metallurgizdat [in Russian].
4. Panov V. S., Chuvilin A. M., Falkovsky V. A. (2004) *Technologia spechennykh tverdykh splavov i izdelii iz nikh [Technology and properties of sintered hard alloys and their products]*. Moscow: MISiS [in Russian].

УДК 621.791.582

Г. М. Григоренко, д-р техн. наук¹; **М. А. Полещук**¹, канд. техн. наук; **Л. И. Адеева**¹,
А. Ю. Туник¹, **В. И. Зеленин**¹, **В. И. Лукаш**², кандидаты технических наук; **Е. В. Зеленин**¹,
С. Д. Заболотный², **Ю. А. Никитюк**², инженеры

¹Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, ул. Казимира Малевича 11,
03150 г. Киев, Украина, e-mail: office@paton.kiev.ua

²Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, ул. Автозаводская 2,
04074 г. Киев, e-mail: lukva@ism.kiev.ua

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА БИМЕТАЛЛОВ, СВАРЕННЫХ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ

Исследованы структуры и свойства биметаллических соединений разнородных металлов, полученных сваркой трением с перемешиванием. Исследованы системы с неограниченной (Ni–Cu) и с ограниченной (Cu–Fe) растворимостью, а также с отсутствием растворимости (Al–Fe) компонентов в твердом состоянии. Сваркой трением с перемешиванием были получены качественные соединения с взаимным проникновением одного металла в другой. Основную роль в этом процессе играет механическое перемешивание металлов и измельчение структуры. При этом диффузионные процессы незначительны. В процессе сварки происходит значительное измельчение зерна как в зоне рекристаллизации, так и в зонах термомеханического и термического влияния.

В результате сварки трением с перемешиванием (СТП) алюминия с железом образовалась зона соединения значительного объема с проникновением алюминия в железо на глубину до 2,5 мм. При этом происходит взаимодействие металлов: массоперенос в первую очередь алюминия и последующее образование соединений F_2Al_7 , $FeAl_2$.

Результаты проведенных исследований позволяют рекомендовать данный способ сварки для получения биметаллических соединений разнородных металлов, имеющих различную растворимость элементов в твердом состоянии.

Ключевые слова: биметалл, сварка трением с перемешиванием (СТП), сварное соединение, механическое, диффузия, растворимость в твердой фазе, микроструктура, рентгеноспектральный микроанализ, элементный состав, микротвердость.

Использование биметаллов позволяет сочетать эксплуатационные свойства присущие разнородным металлам в одном изделии – это коррозионная стойкость, механическая