

2. Технологічніший сплав із вмістом зв'язки 10 % (по масі), завдяки широкому інтервалу температур спікання, в якому спостерігаються найменша формозміна зразків і найоднорідніший розподіл зерен вольфраму за розмірами при забезпеченні необхідної густини.

3. Основні процеси формування структури вольфрамових сплавів у досліджуваних інтервалах температур – перекристалізація через рідку фазу і коалесценція зерен вольфраму.

Література

1. Rodriguez A. B., Sevillano J. G. Visoplastic Flow of High Density W–Ni–Fe Alloys During Liquid-Phase Sintering // Tungsten and Tungsten Alloys. – 1992. – № 1. – P. 61–68.
2. German R. M. Critical Developments in Tungsten Heavy Alloys // Journ. of Alloys and Compounds. – 2004. – № 37. – P. 186–191.

Поступила 05.06.09

УДК 621.762.5:669.018.25.0028

В. П. Бондаренко, член-кор. НАН України, **Л. М. Мартинова**, канд. хім. наук

Інститут надтвердих матеріалів ім. В. Н. Бакуля НАН України, м. Київ

СПЕЧЕНІ ТВЕРДІ СПЛАВИ МАРОК ВК6 ТА ВК8, ОТРИМАНІ РІЗНИМИ МЕТОДАМИ ПЕРЕРОБКИ ТЕХНОГЕННОЇ СИРОВИНИ

Results are given of all-round studies of physico-mechanical properties and structure of recovered sintered hard alloys of WC-6Co and WC-8Co grades produced by different manufacturers with the use of zinc («Karma», Svetlovodsk, «Tekhnokor», Khar'kov) and thermochemical carbon black-free («Alcon-Tverdosplav, Kiev» reprocessing procedures. It has been found that the stress intensity factor, hardness, bending and compression strength limits essentially depend on the method of recovering mixtures from technogenic raw materials as well as on additional reprocessing operations.

Вступ

Твердосплавна промисловість виробляє кілька десятків марок твердих сплавів, з яких виготовляється твердосплавний інструмент різного призначення. Обсяг виробництва цих сплавів залежить від наявності сировини. В Україні сировинної бази для виробництва твердих сплавів немає, тому твердосплавні суміші закупаються за кордоном – у Росії, Китаю, різних держав Європи. Одним із джерел їх поповнення є вторинна сировина, що отримується у процесі виготовлення та експлуатації твердосплавного інструменту і конструкційних елементів машин та може бути перероблена у придатні для використання твердосплавні суміші.

Існує багато методів переробки лому твердих сплавів, кожен з яких має як переваги, так і недоліки [1]. Проте не встановлений найефективніший метод регенерації за якістю твердих сплавів, екологічною чистотою та економічними показниками, що в свою чергу, унеможливує наукове обґрунтування найперспективнішого і найефективнішого методу регенерації при організації промислової переробки лому твердих сплавів. Встановлено, що твердосплавні суміші, виготовлені з техногенної сировини різними виробниками навіть одним методом, суттєво різняться як за складом, так і за дисперсністю, що впливає на структуру і фізико-механічні властивості спечених з них твердосплавних виробів [2].

Мета роботи полягає в комплексному дослідженні впливу способу регенерації лому твердих сплавів і виробника регенованих сумішей на стандартизовані та спеціальні характеристики твердих сплавів.

Дослідження виконували в рамках Асоціації вітчизняних виробників твердих сплавів. Було здійснено порівняльні дослідження властивостей твердих сплавів, виготовлених в умовах ДНВП „Алкон-твердосплав” з регенованих різними методами сумішей марок ВК6 та ВК8 [3–5]: 1, 2 – цинковим (1 – ТОВ „Карма”, м. Світловодськ; 2 – ТОВ „Технокор”, м. Харків); 3 – термохімічним безсажовим (ДНВП „Алкон-твердосплав”, м. Київ), а також із серійних сумішей таких самих марок виробництва ВАТ „КЗТС” (м. Кіровоград, Росія), 4 – ВК6 серійний, 5 – ВК6С.

Із зазначених сумішей одночасно в одному човнику спікали ідентичні дослідні зразки при температурах 1440, 1450, 1470 °С при швидкому і повільному просуванні човника в печі. На спечених зразках вивчали фізико-механічні властивості та структурні характеристики сплавів.

Методики експериментів

Знімки структури спечених твердих сплавів отримані за допомогою растрового електронного мікроскопу ZEISS EVO 50XVP з використанням CZ BSD фазочутливого детектора відбитих електронів при 250–5000 кратному збільшенні.

Вміст Со і загального вуглецю ($C_{заг}$) визначали за міжнародними стандартними методиками ISO 3907 [6]. Фізико-механічні властивості твердих сплавів – густину ρ , твердість HRA, межу міцності при згині R_{bm} – вивчали за методиками ГОСТ 20019-74. Коерцитивну силу H_{cm} визначали коерцитиметром ИКС-96М за ГОСТ 24916-81, міцність при стисканні R_{cm} – за допомогою універсально-тестової машини УТС-100 за ГОСТ 27034-86, коефіцієнт інтенсивності напружень K_{IC} – за ГОСТ 25.506-85. Мікроструктуру спечених твердих сплавів досліджували за допомогою металографічного аналізу за стандартною методикою ГОСТ 9391-80.

Результати

У результаті дослідження впливу температури спікання та швидкості просування човника на якість регенованих твердих сплавів марок ВК6 та ВК8 встановлено, що при температурі спікання 1440 °С, межа міцності при згині

$R_{bm} = 1700$ МПа, та твердість HRA = 88,8 найменші у регенованого сплаву ВК6Р, виготовленого із суміші, отриманої із застосуванням термохімічної безсажової технології (табл. 1).

При підвищенні температури з 1440 до 1470 °С при повільному просуванні човника (4,2 мм/хв) для цього самого сплаву R_{bm} підвищується з 1700 до 2140 МПа, а при швидшому просуванні човника (5,6 мм/хв) – до 2110 МПа (табл. 2, 3). Ці значення набагато перевищують значення R_{bm} для сплаву ВК6 (1519 МПа) за ГОСТ 3882-74. Сплав марки ВК6, отриманий із суміші, виготовленої ТОВ „Карма”, має найбільші значення R_{bm} (1990 МПа) і HRA (89,0) серед усіх інших зразків, спечених при температурі 1440 °С і швидкості просування човника 4,2 мм/хв (табл. 1). При цьому в разі зміни режиму спікання наведені значення R_{bm} і HRA не змінюються (табл. 2, 3).

Для регенованого твердого сплаву марки ВК6, отриманого із суміші, виготовленої ТОВ „Технокор”, підвищення температури спікання призводило до зниження значення R_{bm} з 1950 до 1510 МПа, а підвищення швидкості просування човника – до незначного підвищення R_{bm} з 1510 до 1640 МПа (табл. 1–3). Для цього сплаву HRA = 88,6–89,2.

Значення межі міцності при стисканні зразків марки ВК6, спечених при температурі 1470 °С, але при різній швидкості просування човника, менше від статистичного показника 4100–4300 МПа і при підвищенні швидкості просування човника дещо змінюється (табл. 2, 3). Для сплавів, отриманих із сумішей, виготовлених ДНВП „Алкон-твердосплав” і ВАТ „КЗТС” і спечених при температурі 1470 °С та швидкості просування човника 5,6 мм/хв, цей показник не визначений через недостатню кількість зразків.

При температурі 1470 °С і швидкості просування човника 5,6 мм/хв вища ($K_{IC}=14,1$ МПа·м^{1/2}) тріщиностійкість зразків, виготовлених із сумішей, отриманих цинковим методом у ТОВ „Технокор”. Тріщиностійкість зразків, виготовлених із суміші, отриманої таким самим методом у ТОВ „Карма”, найнижча ($K_{IC}=12,7$ МПа·м^{1/2}) (табл. 3). Для сплаву марки ВК6Р $K_{IC}=14,0$ МПа·м^{1/2}, що найближче до значень, отриманих для сплаву марки ВК6 із суміші, виготовленої ТОВ „Технокор”. За такого режиму спікання тріщиностійкість досліджуваних сплавів за різних методів була такою:

K_{IC} 14,1 >	14,0 >	13,2 >	12,7 >	12,0
Метод (2)	(3)	(4)	(1)	статистичні дані

При температурі 1470 °С та нижчої швидкості просування човника (4,2 мм/хв) значення K_{IC} зменшується, а ряд має такий вигляд:

K_{IC} 13,7	>13,5	>13,3	>13,0
Метод (2)	(3)	(1)	(4)

Отже, для сплавів, отриманих із сумішей, виготовлених ДНВП „Алкон-твердосплав” і ТОВ „Технокор”, значення K_{IC} стабільно вищі. Для сплаву марки ВК6С, спеченого за швидкості просування човника 4,2 мм/хв і температури 1480 °С, $K_{IC}=15,0$ МПа·м^{1/2} (табл. 3), що й повинно бути для сплаву, виготовленого з високотемпературного карбїду.

Мікроструктури твердих сплавів марки ВК6, отриманих з техногенної сировини, та серійних сплавів марок ВК6 та ВК6С, спечених при температурі 1470 °С і швидкості просування човника 4,2 мм/хв, при 5000-кратному збільшенні показані на рис. 1.

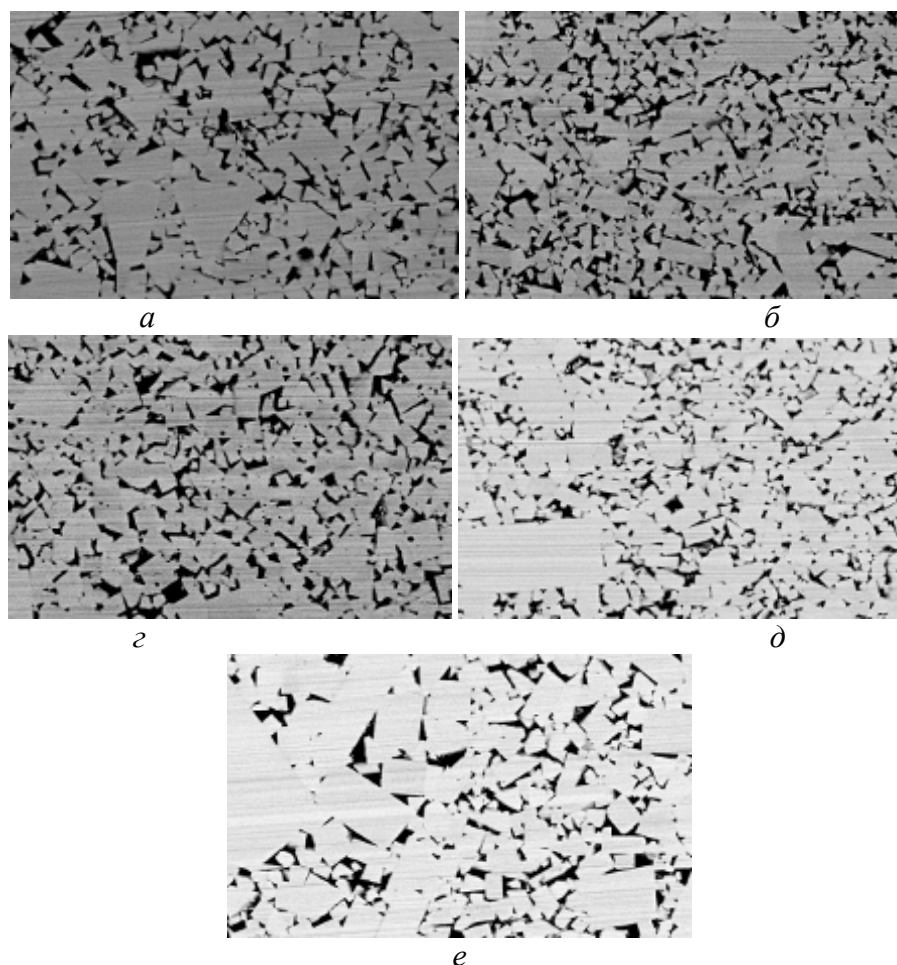


Рис. 1. Мікроструктури спечених твердих сплавів марки ВК6, регенованих (а–в) та серійних (г, д), отриманих ТОВ „Технокор” (а), ТОВ „Карма” (б), ДНВП „Алкон-твердосплав” (в), ВАТ „КЗТС” (г) – ВК6; (д) – ВК6С (×5000)

Таблиця 1. Фізико-механічні властивості та структура регенованого твердого сплаву марок ВК6, ВК6Р, виготовлених різними методами переробки (температура спікання 1440 °С, швидкість просування човника – 4,2 мм/хв)

№ пор	Марка, метод, виробник суміші	Фізико-механічні властивості					Ступінь пористості			Вміст графіту, %	Розподіл зерен за класами зернистості, %							
		HRA	H _c , кА/м	R _{bm} , МПа	Вміст до 50 мкм, % (за об'ємом)	Кількість пор		Вміст графіту, %	1		2	3	4-5	6-7	8-10	11	16	20
						ρ, г/см ³	89,1											
1	ВК6, цинковий, ТОВ «Карма»	14,84	89,1	10,0	1990	–	–	–	0,2 по всій верх-ні	50	28	19	3	–	–	–	–	
2	ВК6, цинковий, ТОВ «Технокор»	14,83	88,6	8,0	1950	Д-1, 0,1	2×54; 73	–	–	35	24	19	15	5	1	1	–	
3	ВК6Р, термохімічний безсажовий, ДНВП «Алкон-твердосплав»	14,74	88,8	8,5	1700	Д-1; 0,1	90	109	–	46	28	16	1	–	–	–	–	
4	ВК6, серійний, ВАТ «КЗТС»	14,92	90,1	10,4	1900	0,2	–	–	0,1 по всій верх-ні	42	20	23	10	5	–	–	–	

Таблица 2. Фізико-механічні властивості та структура регенованого та серійного твердого сплаву марок ВК6, ВК6С, ВК6Р

Марка, метод, виробник суміші	Фізико-механічні властивості							Ступінь пористості			Вміст графіту, %	Розподіл зерен за класами зернистості, %, залежно від розміру зерна, мкм								
	K_{IC} МПа·м ^{1/2}	ρ , г/см ³	HRA	H_{CS} кА/м	R_{bnt} , МПа	R_{ct} , МПа	Вміст до 50 мкм, % (за об'є-мом)	Кількість пор	Класи зернистості			1	2	3	4-5	6-7	8-10	11-15	16-20	20-23
									> 51 мкм	100 мкм										
ВК6, цинковий, ТОВ «Карма»	13,3	14,86	89,0	9,4-9,6	1980	4020	-	-	-	-	46	21	16	12	4	1	-	-	-	
ВК6, цинковий, ТОВ «Техно-кор»	13,7	14,87	88,6	8,9-9,2	1570	3800	Д-2; 0,2	54	-	-	38	20	14	15	6	2	2	2	1	
ВК6Р, термоміцний, безсажевий, ДНВП „Алкон-твердосплави“	13,5	14,76	88,8	9,0-9,2	2140	3700	-	-	-	0,1 по всій верхній	53	18	11	11	3	2	1	-	-	
ВК6, серійний, ТОВ «КЗТС»	13,0	14,96	89,4	10,3-10,4	1590	4140	0,2	-	-	-	43	21	18	12	3	2	1	-	-	
ВК6С, ВАГ „КЗТС“	15,0	14,83	89,0	7,3-8,2	1880	3870	-	-	-	сліди графіту по всій поверхні	26	16	20	16	8	8	2	1	1	

Примітка. Режими спікання: нормалізуючий – 1050-1070 °С; остаточний : для сплаву марки ВК6 – 1470 °С; для сплаву марки ВК6С – 1480 °С; швидкість просування човника – 4,2 мм/хв.

Таблиця 3. Фізико-механічні властивості та структура регенованого твердого сплаву марок ВК6, ВК6Р, виготовлених різними методами переробки, спечених при температурі 1470 °С та швидкості просування човника 5,6 мм/хв

Марка, метод, виробник суміші	Фізико-механічні властивості							Ступінь пористості			Вміст графіту, %	Розподіл зерен по класам зернистості в % залежності від величини зерна в мкм										
	K_{IC} , МПа·м ^{1/2}	ρ , г/см ³	HRA	H_c , кА/м	R_{bm} , МПа	R_{cm} , МПа	Вміст до 50 мкм, % (за об'ємом)	Кількість пор	Кількість			сліди графіту	1	2	3	4	5	6	7	8	11	16–20
									51–100 мкм	> 100 мкм												
ВК6, цинковий, ТОВ «Карма»	12,7	14,75	89,2	9,4–9,7	1950	3800	–	–	–	–	сліди графіту	47	23	17	11	1	1	1	1	–	–	
ВК6, цинковий, ТОВ «Технокор»	14,1	14,75	89,2	8,7–8,9	1640	3540	Д-1; 0,1	54	–	–	0,1–0,2 по всій верхній	35	20	18	12	7	1	1	1	1	2	
ВК6Р, термомічний, безсажовий, ДНВП «Ал-кон-твердосплав»	14,0	14,67	89,2	8,6–9,0	2110	–	–	–	–	–	сліди графіту	40	28	19	11	2	–	–	–	–	–	
ВК6, серійний, ВАТ «КЗТС»	13,2	14,83	89,0	10,2–10,5	1590	–	0,2	–	–	–	0,1 по всій верхній	47	20	17	10	1	4	1	1	–	–	
ГОСТ 3882	12,0	14,6–15,0	88,5	10,1–11,0	1519	4300–4100 (стат.)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	

Структури цих самих сплавів у рельєфному контрасті вторинних *SE*-електронів та фазовому контрасті відбитих *SE*-електронів, де наявні пори у структурі спеченого сплаву, при 500-кратному збільшенні показані на рис. 2.

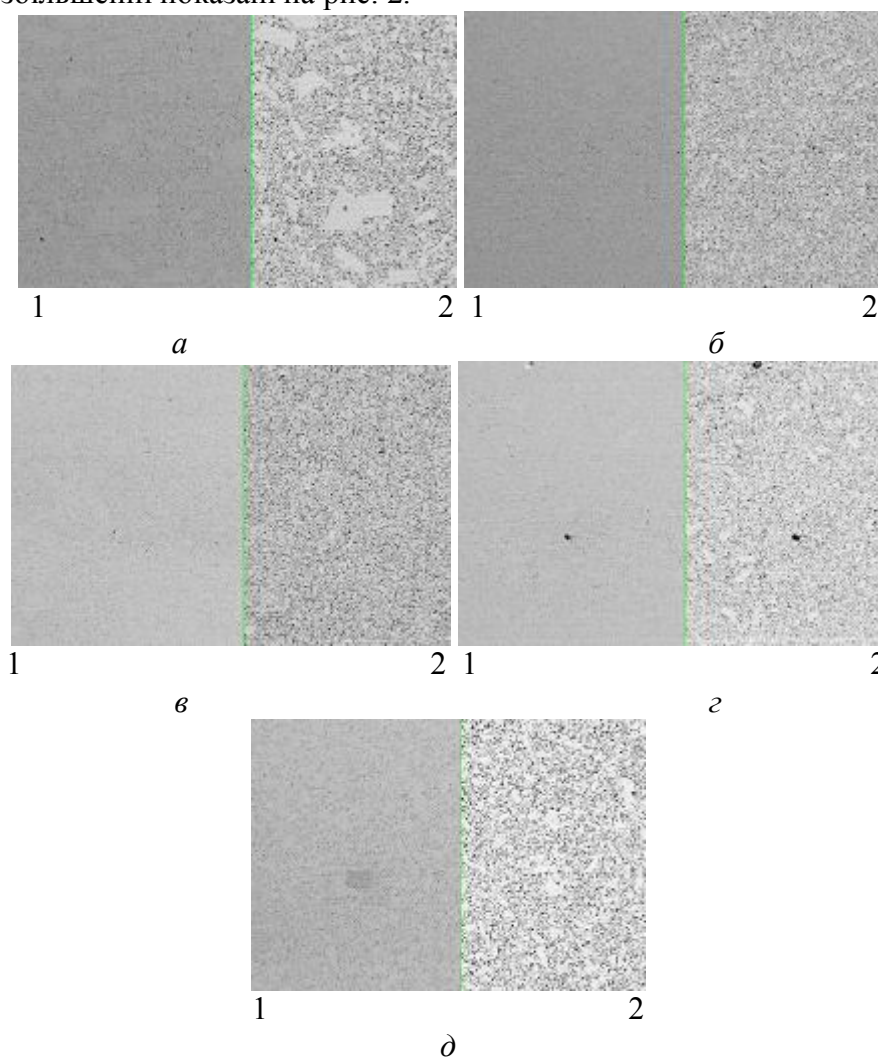


Рис. 2. Мікроструктури твердого сплаву марки ВК6, отриманого різними методами регенерації: цинковим: а – ТОВ „Технокор”, б – ТОВ „Карма”; в – термохімічним безсажовим; серійні: г – ВК6, д – ВК6С, у рельєфному (1) та фазовому (2) зображеннях ($\times 500$)

У структурі сплаву марки ВК6, отриманого із суміші, виготовленої ТОВ „Технокор” і „Карма”, міститься багато великих зерен, перерізи яких мають вигляд трикутників та пластин, а також скупчення зерен WC (рис. 1, а, б). Найбільш неоднорідна структура утворилась у сплаві марки ВК6С (рис. 1, д), що, ймовірно, зумовлено завищеною температурою спікання цього сплаву. Найбільш однорідна середньозерниста структура спостерігається у зразках сплаву марки ВК6Р, виготовленого із суміші, регенованої термохімічною переробкою (рис. 1, в). У структурі серійного сплаву марки ВК6 (рис. 1, г) на фоні середньозернистої структури зустрічаються великі зерна та їх скупчення.

Проаналізувавши мікроструктури, отримані у фазовому та рельєфному контрасті, можна стверджувати, що регеновані сплави марки ВК6 усіх виробників, а також серійний сплав марки ВК6С мають тільки дрібну пористість (рис. 2, а–в, д). У структурі серійного сплаву марки ВК6 наявні також великі пори (рис. 2, г).

У процесі дослідження було визначено вплив технологічних режимів спікання на якість регенованого твердого сплаву марки ВК8, суміші якого були виготовлені одними способами переробки і одними виробниками. Спікання сплаву марки ВК8 здійснювали при температурах 1450 та 1470 °C та швидкості просування човника 4,2 мм/хв.

Густина досліджуваних зразків перебувала на рівні технічних вимог, а твердість $HRA=88,9-87,3$ (табл. 4), тобто не завжди відповідала вимогам стандарту. Особливо низькою була твердість сплаву, отриманого із суміші ТОВ „Технокор”, що, ймовірно, зумовлювалось недостатньою тривалістю розмелу суміші. За підвищення температури спікання R_{bm} (МПа) усіх зразків зменшувалась. Найбільшу межу міцності при згині мали зразки, виготовлені із серійного сплаву марки ВК8 (ВАТ „КЗТС”) – 2000 МПа при спіканні при температурі 1450 °С (табл. 4). На зразках, виготовлених з регенованих твердих сплавів марки ВК8, суміші яких були отримані різними методами, $R_{bm} = 1850-1960$ МПа, що відповідало вимогам стандарту. Коефіцієнт інтенсивності напружень K_{IC} був найбільшим на зразках сплаву марки ВК8, виготовлених із суміші, одержаної цинковим методом у ТОВ „Технокор” ($15,3$ МПа·м^{1/2}), спечених при температурі 1450 °С. За підвищення температури спікання до 1470 °С (табл. 4, 5) K_{IC} збільшується до $16,2$ МПа·м^{1/2}. Найбільше значення K_{IC} має сплав марки ВК6, виготовлений із суміші цього самого виробника (табл. 2, 3). Такі великі значення K_{IC} , на наш погляд, зумовлені меншою тривалістю розмелу суміші після регенерації [2].

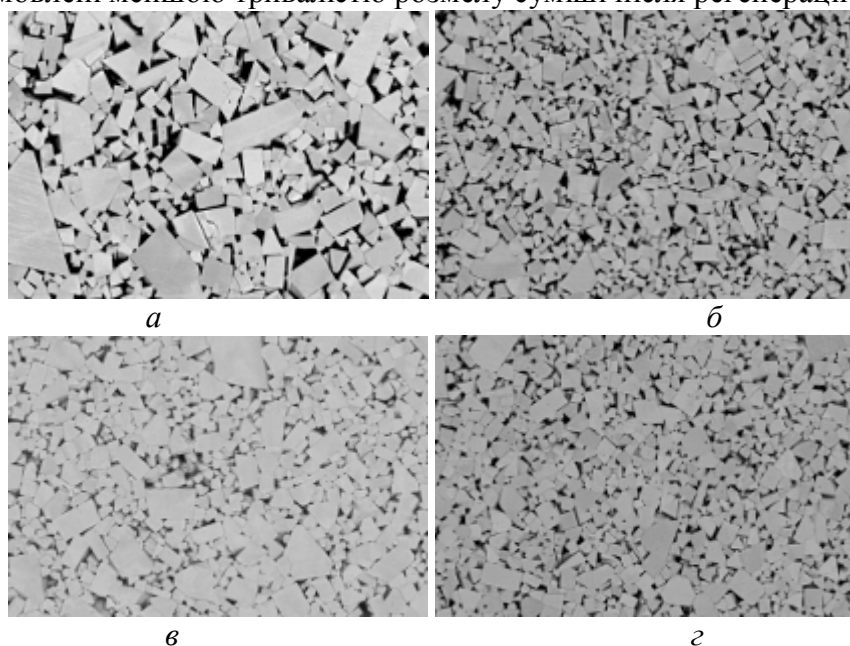


Рис. 3. Мікроструктури спечених твердих сплавів марки ВК8 регенованих (а–в) та серійних (г–ж), отриманих: ТОВ „Технокор” (а), ТОВ „Карма” (б), ДНВП „Алкон-твердосплав” (в), ВАТ „КЗТС” (г), $\times 5000$

Межа міцності при стисканні при температурі спікання 1450 °С найбільша у сплаві марки ВК8Р, регенованого термохімічним, безсажовим методом – $R_{cm} = 4000$ МПа, що дорівнює середньо-статистичному значенню для регенованого сплаву марки ВК8. Найменша межа міцності за такої температури спікання спостерігається у зразків сплаву, отриманого із суміші, виготовленої цинковим методом у ТОВ „Технокор” – $R_{cm}=3380$ МПа (табл. 5). З підвищенням температури до 1470 °С при повільному просуванні човника R_{bm} збільшується до 3870 МПа у сплаві марки ВК8 (цинковий метод, ТОВ „Карма”) та до 3890 МПа у сплаві марки ВК8Р (термохімічний метод, ДНВП „Алкон-твердосплав”). Значення K_{IC} підвищується з $15,3$ до $16,2$ МПа·м^{1/2} у зразків, із сумішей, регенованих цинковим методом у ТОВ „Технокор”.

За різних температур спікання, але за однієї швидкості просування – 4,2 мм/хв для сплаву марки ВК8 значення K_{IC} такі:

1450 °С	15,3	>13,6	>13,6	>13,3	13,0
Метод	(2)	(1)	(4)	(3)	статистичні дані
1470 °С	16,2	>14,9	>14,6	>13,6	
Метод	(3)	(4)	(1)	(3)	

Таблиця 4. Фізико-механічні властивості та структура регенованого твердого сплаву марки ВК8, отриманого різними методами переробки

Марка, метод, виробник суміші	Фізико-механічні властивості						Ступінь пористості				Вміст графіту, %	Розподіл зерен по класам зернистості в % залежності від величини зерна в мкм										
	K_{IC} МПа·м ^{1/2}	ρ , г/см ³	HRA	H_c кА/М	R_{bn} , МПа	R_{cm} , МПа	Вміст до 50 мкм, % (за об'ємом)	Кількість пор				54	19	9	12	2	2	8–10	11–15	16–20	20–25	26–30
								51–100 мкм	< 100 мкм	100 мкм												
ВК8, цинковий, ТОВ «Карма»	13,6	14,40	89,2	8,9–9,1	1960	3700	–	–	183 по краю	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
ВК8, цинковий, ТОВ «Технокор»	15,3	14,55	87,3	7,4–8,3	1850	3400	Д-2; 0,2	54; 90	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
ВК8Р, термомічний беззажовий, ДНВП «Алкон-твердосплав»	13,3	14,48	89,8	10,4–10,7	1960	4000	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
ВК8, селенний, ВАТ «КЗТС»	13,6	14,72	89,0	9,7–9,9	2000	3800	одна пора В-1; 0,02	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	

Примітка. Режим спікання: нормалізуючий – 1050–1070 °С, остаточний – 1450 °С; швидкість просування човника – 4,2 мм/хв.

Таблица 5. Фізико-механічні властивості та структура регенованого твердого сплаву марки ВК8, отриманого різними методами, спеченого при температурі 1470 °С та швидкості просування човника 4,2 мм/хв

Марка, метод, виробник суміші	Фізико-механічні властивості							Ступінь пористості				Вміст графіту, %	Розподіл зерен за класами зернистості, %, залежно від розміру зерна, мкм										
	$K_{1С}$, МПа·м ^{1/2}	ρ , г/см ³	HR, А	H_{ϵ} , кА/м	$R_{bм}$, МПа	$R_{см}$, МПа	Вміст до 50 мкм, % (за об'ємом)	Кількість пор		Вміст графіту, %	1		2	3	4	5	6	7	8	11	16	20	26
								51–100 мкм	> 100 мкм														
ВК8, цинковий, ТОВ «Карма»	14,6	14,16	87,6	8,3–8,9	1683	3870	Д-1; 0,1	–	183 по краю	~0,1 по всій поверхні	5	1	1	8	4	2	2	2	–	–	–	–	
																							8
ВК8, цинковий, ТОВ «Технокор»	16,2	14,35	86,7	8,0–9,4	1795	3380	Д-3; 0,4	74	–	сліди графіту	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
																							4
ВК8Р, термомічний безсажовий, ДНВП «Алкон-твердосплав»	13,6	14,35	88,6	9,8–10,3	1880	3890	Д-1; 0,1	–	–	–	6	1	1	4	3	1	–	–	–	–	–	–	
																							2
ВК8, серійний, ВАТ «КЗТС»	14,9	14,46	88,3	8,7–8,9	1932	3820	Д-2; 0,2	2x90	–	0,1 по краю	4	2	1	1	4	3	–	–	–	–	–	–	
																							5
ВК8 ГОСТ 3882	13,0	14,4–14,8	87,5	9,0–10,0	1660	4000 стат. дані	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
																							–

У сплаві марки ВК8 (суміш виготовлена ТОВ „Технокор”) сформувалась крупнозерниста структура (рис. 3, а). Раніше було встановлено, що найбільшу зернистість мала вихідна регенована твердосплавна суміш марок ВК6 та ВК8 ТОВ „Технокор” [2]. Дрібнозерниста структура сформувалась у сплаві марки ВК8 із суміші, виготовленої ВАТ „КЗТС”. Сплави марки ВК8 із сумішей, виготовлених ТОВ „КАРМА” і ДНВП „Алкон-твердосплав”, мають середньозернисту структуру (рис. 3, б, в).

Висновки

Узагальнюючи результати дослідження структури і властивостей твердих сплавів, отриманих різними методами переробки вторинної (техногенної) сировини різними виробниками (див. табл. 1–5), доходимо таких висновків:

1. Серійний сплав марки ВК6, виготовлений з суміші ВАТ „КЗТС”, відрізняється від інших підвищеною густиною, коерцитивною силою, твердістю HRA та міцністю при стисканні.

2. Найближче до цього сплаву за властивостями перебувають сплави, отримані за оптимальних режимів спікання, виготовлених з сумішей ТОВ „Карма” і ДНВП „Алкон-твердосплав”.

3. При використанні сумішей марки ВК6, виготовлених ТОВ „Технокор”, і марки ВК6С, виготовлених ВАТ „КЗТС”, необхідно використовувати значно нижчі температури спікання, ніж для сумішей усіх інших виробників, оскільки в цих сплавах за підвищених температур інтенсивно збільшується розмір зерна WC (див. табл. 1–3), що знижує міцність при згині R_{bm} .

4. Найкращу сукупність властивостей має сплав марки ВК6Р, виготовлений з регенованої суміші ДНВП „Алкон-твердосплав” після спікання при температурі 1470 °С.

5. Більшість властивостей сплаву марки ВК8, подібні до властивостей сплаву марки ВК6.

6. У більшості регенованих сплавів, виготовлених із сумішей ТОВ „Карма”, „Технокор” та ДНВП „Алкон-твердосплав”, розмір пор найбільший (50–100 мкм), що, можливо, зумовлено нижчою якістю вторинної сировини порівняно з первинною.

Література

1. Бондаренко В. П., Мартынова Л. М., Галков А. В. Переработка скрапа твердых сплавов группы ВК (Обзор) // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – 2007. – Вып. 10. – С. 387–392.
2. Регенерированные твердосплавные смеси, полученные разными методами переработки техногенного сырья / В. П. Бондаренко, Л.М. Мартынова, А.А. Сытник. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – 2008. – Вып. 11. – С. 320–327.
3. Patent 3595484, USA, JPC B02 C 19/12. Reclamation of refractory from carbide materials/ P.G. Barnard, A. G. Starliper, H. Kenworthy. – Puble. Zuli 27, 1971.
4. Patent 582921, Great Britain, JPC C 22 C 3/00. Process for separation and recovery of hard constituents from snitched hard metals/ E. M. Trent. – Puble. Dec. 2, 1946.
5. Патент 2624, Україна, МПК⁵ В 22 F9/16, С 22 В 7/00. Спосіб переробки відходів вольфрамо-кобальтових твердих сплавів / В. П. Бондаренко, Е. Г. Павлоцька, Л. М. Мартинова та ін. – Опубл. 26.12.94, Бюл. № 5 – 1. – С. 285.
6. Фомина О. Н., Суворова С. Н., Турецкий Я. М. Порошковая металлургия: Энцикл. междунар. стандартов. – М.: Изд-во стандартов, 1999. – 306 с.

Поступила 22.05.09