

18. *Grades and physical properties (typical figures)*. (b.d.) Everloy cemented carbide tools.
<https://www.everloy-cemented-carbide.com/en/material/kind.html>.

УДК 669.018.025

DOI: 10.33839/2708-731X-24-1-260-265

О. О. Матвійчук, М. О. Юрчук, Н. В. Литошенко, кандидати технічних наук

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

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ СЕРЕДНЬОЗЕРНИСТОГО ТВЕРДОГО СПЛАВУ VN20 (80% WC + 20% Ni), СПЕЧЕНОГО У ВАКУУМІ ЗА ТЕМПЕРАТУРИ 1350 °C ТА ПІД ДІЄЮ ЗОВНІШНЬОГО ОДНООСЬОВОГО СТИСНЕННЯ

Завданням наукового дослідження було вивчення особливостей впливу одноосьового стиску на формування структури середньозернистого сплаву WC–20%Ni.

Показано, що існує метод, який дає можливість покращити структурні параметри твердого сплаву WC–20%Ni, що забезпечує підвищення експлуатаційних показників матеріалу. Стверджується, що направлена дія одноосьового стискання дає можливість значно вдосконалити характер взаємного розміщення карбідних зерен. Такі вдосконалення призводять до підвищення фізико-механічних характеристик твердого сплаву. В роботі наведено результати дослідження формування структури та властивостей сплаву за температури спікання 1350°C під дією одноосьового стискання від нуля до 1,6 МПа.

Ключові слова: *твердий сплав WC–20%Ni, спікання під одноосьовим стисканням, карбідні зерна, фізико-механічні властивості.*

Вступ

Серед карбидовольфрамів твердих сплавів сплав з вмістом нікелевої зв'язки 20% (по масі) займає значне місце в якості матеріалу як конструкційного, так і інструментального призначення. Для подальшого підвищення його експлуатаційних характеристик використовують різні методи інтенсифікації спікання. До одного з таких методів можна віднести механічну інтенсифікацію, яка здійснюється шляхом використання зовнішніх навантажень в процесі спікання заготовки [1, 2]. На сьогодні найбільш широко використовується метод гарячого пресування зі статичним та динамічним прикладанням стиску. Основною особливістю цього методу є те, що твердосплавна заготовка спікається під стиском в графітовій прес-формі, певної форми та розміру. Але використання графітової прес-форми призводить до надлишкового науглецювання заготовки, що погіршує умови праці.

Більш прогресивним є спікання під стиском в робочому об'ємі печі, коли тиск прикладається тільки до торця заготовки. При цьому заготовка не обмежується з бокових сторін і може вільно розповзтись в різні боки під дією прикладеного навантаження. В роботах [3, 4] наведено результати дослідження такого методу спікання.

В [3] відзначено, що зміна міцнісних властивостей сплаву BK15 знаходиться в залежності від розміщення в сплаві крупних зерен, що мають форму довгих голок, шпилів. Одержання сплавів методами компресійного спікання, гарячого пресування, просочування розплавами металів, термічної обробки та іншими, безперечно, покращують структурний стан матеріалу (зменшують залишкову пористість, стримують ріст зерна карбідної складової,

змінюють склад твердого розчину на основі кобальту, змінюють напружений стан у складових фазах сплаву та ін.), однак значного впливу на характер розміщення зерен карбіду по об'єму сплаву вони не мають.

В той же час в роботах [3, 4] стверджується, що направлене розміщення крупних зерен карбіду вольфраму (WC) може забезпечити анізотропію властивостей сплаву, використання якої підвищить експлуатаційні характеристики виробу. Особливо це важливо для виробів конструкційного призначення. Однак, систематичних досліджень впливу одноосьового стиску на особливості зміни властивостей сплаву, в тому числі за рахунок зміни характеру розподілу зерен WC по об'єму виробу, в роботах [3,4] не проводилось. На нашу думку, такі дослідження є доцільними для виготовлення твердосплавних виробів з підвищеними властивостями за рахунок оптимального розподілення карбідної складової по об'єму.

Отже, метою дослідження є встановлення впливу одноосьового стиску на характер розподілу зерен WC карбидовольфрамового твердого сплаву з нікелевою зв'язкою (80% WC+20% Ni) та його фізико-механічні властивості.

Методика дослідження

Коерцитивну силу H_{cm} (кА/м) зразків вимірювали приладом "Кобальт-1" [5], густину спечених зразків ρ (г/см³) – гідростатичним зважуванням на лабораторних вагах ВЛР–200м [6], твердість зразків за Роквеллом (шкала А) HRA – вдавленням алмазного наконечника з внутрішнім кутом $120\pm 0,5^\circ$ під попереднім навантаженням 98,07 Н і загальним 1471 Н твердоміром моделі ТК-2 [7].

Для експериментів використовували вихідні порошки WC за ТУ 48-19-265-77 та карбонільного нікелю марки ПНУ за ДЗТС 9722-79. З метою очищення від небажаних домішок вихідні порошки просіяли крізь сито з комірками розміром 40 мкм. Середній розмір зерна карбіду вольфраму визначали методом ртутної порометрії [8]. Середній розмір зерна карбіду вольфраму \bar{d}_{WC} становив $1,6\pm 0,1$ мкм, вміст зерен розміром 0,6–4,0 мкм становив 82%, а питома площа поверхні – $1,9\pm 0,1$ м²/г. Суміш до пресування готували згідно з вимогами технологічних інструкцій ІНМ НАН України [9]. Перед замішуванням на пластифікаторі суміш повторно просіювали крізь сито з розміром комірок 0,1 мм. Просіяну суміш замішували на 5%-ному розчині синтетичного каучуку в бензині, додаючи до 1 кг суміші 150 мл розчину.

Вміст загального вуглецю $C_{заг}$ у вихідній суміші та вільно спеченому сплаві визначали абсорбційно-газооб'ємним методом [8]. Для визначення вмісту загального вуглецю в зразках спеченого сплаву (шліфованих штапиках) їх подрібнювали у твердосплавній ступці. Одержану крупку просіювали крізь сито з розміром комірок 0,1 мм.

Результати дослідження та їх обговорення

Встановлено, що структурний стан твердого сплаву ВН20, спеченого у вакуумі за температури 1350 °С без прикладання одноосьового тиску та під дією зовнішнього напруження стискання до 1,6 МПа, змінюється з ростом напруження. Середній розмір зерен WC зменшується від 1,46 до 1,39 мкм. Причиною зменшення середнього розміру зерен WC від 1,46 мкм до 1,39 мкм є те, що при рідкофазному спіканні сплаву під дією напруження стиску частинки карбіду вольфраму переміщуються. Це не дає можливості на початкових стадіях спікання створюватись у сплаві конгломератам зерен WC шляхом зрощування та коалесценції. Під впливом одноосьового тиску в процесі спікання структура сплаву дещо текстуризується. З'являються групи однаково орієнтованих зерен WC. Підвищення тиску забезпечує підвищення текстуризації мікроструктури сплаву ВН20. В зразках сплавів η_1 -фази не виявлено.

На рис. 1 представлено мікроструктурні знімки середньозернистого твердого сплаву ВН20 при спіканні у вакуумі за температури 1350 °С під дією зовнішнього одноосьового тиску від 0 МПа (вільне спікання) до 1,6 МПа.

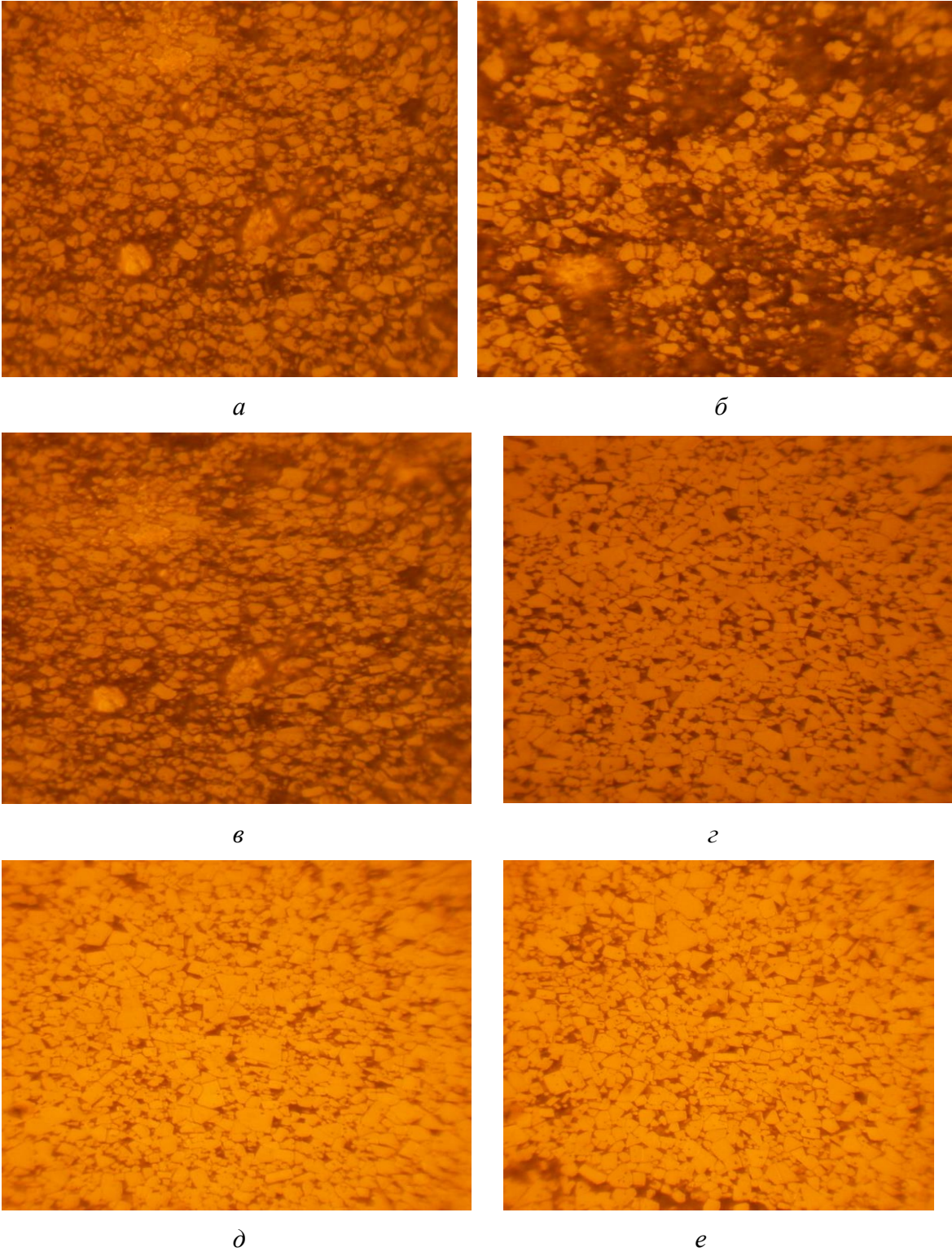


Рис. 1. Структура сплаву при спіканні під тиском: а – $P = 0$ МПа; б – $P = 0,3$ МПа; в – $P = 1,0$ МПа; г – $P = 1,2$ МПа; д – $P = 1,4$ МПа; е – $P = 1,6$ МПа. Зразки травлені, збільшення $\times 1350$

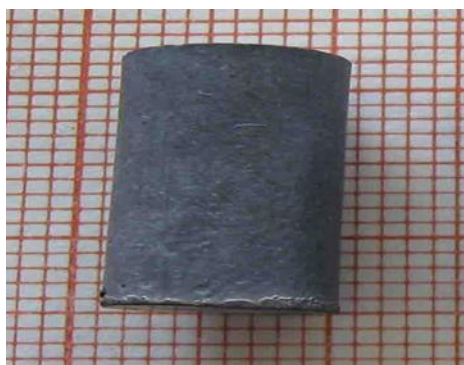


Рис. 2. Зовнішній вигляд зразка твердого сплаву WN20, спеченого в вакуумі за температури 1300° С

Для дослідження використовували заготовки у вигляді циліндрів діаметром 10 мм і висотою 20 мм (рис. 2).

В таблиці наведено показники властивостей сплаву та його обмірювання: коефіцієнт усадки k (по висоті та по діаметру), густина ρ , г/см³, коерцитивна сила H_{cm} , кА/м, твердість HRA , межа міцності на згин R_{bm} , МПа. А також розміщено напруження стиску під час спікання p , МПа (тривалість дії напруження $t = 30$ хв).

Висновки

Встановлено, що спікання середньозернистих твердих сплавів 80% WC+20% Ni під дією одноосьового стиску 0,3–1,6 МПа та температури 1350°С впливає на розподіл зерен WC за розмірами. За цих умов середній розмір зерна зменшується від 1,46 до 1,39 мкм, а структура сплаву дещо текстуризується. З'являються групи однаково орієнтованих зерен WC. Підвищення тиску викликає підвищення текстуризації мікроструктури досліджуваного сплаву.

Запропонований метод не призводить до помітних змін коефіцієнтів усадки як по висоті, так і по діаметру для p від 1 до 1,6 МПа. Густина, твердість та межа міцності на згин зростає для p від 0 до 1,6 МПа приблизно на 10–40%.

Властивості твердого сплаву WN20 після спікання під дією зовнішнього напруження стиску за температури 1350 °С

p , МПа	k		ρ , г/см ³	H_{cm} , кА/м	HRA	R_{bm} , МПа	Розподілення зерен WC за розмірами (мкм) в %
	по діам.	по вис.					
1	2	3	4	5	6	7	8
0	1,15	1,13	12,6	0,3	75,7	1630	1,0–61 %, 2,0–23 %, 3,0–13 %, 4,0–5,0 – 3%
0,3	1,05	1,22	12,8	0,5	77,5	1650	1,0–58 %, 2,0–25 %, 3,0–15 %, 4,0–5,0 – 2 %
1,0	1,09	1,41	13,1	0,4	76,8	1680	1,0–54 %, 2,0–26 %, 3,0–17 %, 4,0–5,0–3 %
1,2	1,08	1,45	12,9	0,7	75,9	1680	1,0–52 %, 2,0–30 %, 3,0–10 %, 4,0–5,0 – 8 %
1,4	1,16	1,46	13,5	0,8	75,8	1690	1,0–51 %, 2,0–20 %, 3,0–19 %, 4,0–5,0 – 10%

Закінчення таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8
1,6	1,05	1,47	13,6	0,8	79,1	1690	1,0–55 %, 2,0–31 %, 3,0–11 %, 4,0–5,0 – 3%

O. Matviychuk, M. Yurchuk, N. Lytochenko

V.N.Bakul Institut for Superhard Materials of National Academy of Sciences of Ukraine

THE SPECIFICS OF THE FORMATION OF THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF THE MEDIUM-GRAIN HARD ALLOY BH20 (80% WC + 20% Ni) SINTERED IN VACUUM AT A TEMPERATURE OF 1350 °C AND UNDER THE EFFECT OF EXTERNAL UNIAXIAL COMPRESSION

The task of the scientific research was to study the specifics of the effect of uniaxial compression on the formation of the structure of the medium-grained WC–20%Ni alloy.

It is shown that there is a method that makes it possible to improve the structural parameters of the WC–20%Ni hard alloy, which ensures an increase in the operational performance of the material. It is claimed that the directed action of uniaxial compression makes it possible to significantly improve the nature of the mutual arrangement of carbide grains. Such improvements lead to an increase in the physical and mechanical characteristics of the hard alloy. The paper presents the results of the study of the formation of the structure and properties of the alloy at a sintering temperature of 1350°C under the action of uniaxial compression from zero to 1.6 MPa.

Key words: *hard alloy WC–20%Ni, sintering under uniaxial compression, carbide grains, physical and mechanical properties.*

Література

1. Бондаренко В.П., Павлоцкая Э.Г. Спекание вольфрамовых твердых сплавов в прецизионно контролируемой газовой среде. К.: Наукова думка, 1995. 202 с
2. Бондаренко В.П. Условия обеспечения максимальной прочности и пластичности зернистых композитов. *Высоконаполненные зернистые композиты*. Сб. науч. тр. Киев, 1991. С. 4–14.
3. Бондаренко В.П., Юрчук Н.А. Спекание твердого сплава BK15 под действием сжимающего напряжения. *Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент-техника и технология его изготовления и применения*. Сб. науч. тр. Вып. 8. Киев: ИСМ им.В.Н. Бакуля НАН Украины, 2005. С. 249–255.
4. Бондаренко В.П., Юрчук М.О., Галков О.В. Особливості структури та властивості карбидовольфрамового твердого сплаву з нікелевою зв'язкою ВН 20 (80 % WC + 20 % Ni), спеченого у вакуумі під зовнішнім одноосьовим тиском // *Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент-техника и технология его изготовления и применения*. Сб. науч. тр. Вып. 17. Киев: ИСМ им.В.Н. Бакуля НАН Украины, 2014. С. 437–444.
5. ГОСТ 24916—81. Сплавы твердые спеченные. Метод определения коэрцитивной силы. Вступил в действие 01.01.1982. Изд офиц. Москва. Госстандарт. 1982. 8 с.
6. ГОСТ 20018—74. Сплавы твердые спеченные. Метод определения плотности. Вступил в действие 01.01.1976. Изд офиц. Москва. Госстандарт. 1976. 11 с.

7. ГОСТ 20017—74. Сплавы твердые спеченные. Метод определения твердости по Роквеллу. Вступил в действие 01.01.1976. Изд офиц. Москва. Госстандарт. 1976. 10 с.
8. Ермоленко Н.Ф., Эфрос М.Д. Регулирование пористой структуры оксидных адсорбентов и катализаторов. Минск: Наука и техника, 1971. .285 с.
9. Технологическая инструкция ТИ 25000.20072. Замешивание твердосплавных смесей. Изд. офиц. Киев, 1980. 10 с.

Надійшла 18.07.23

References

1. Bondarenko, V.P., & Pavlotskaia, E.G. (1995). *Spekanie volframovykh tverdykh splavov v pretsizionno kontroliruyemoi gazovoi srede [Sintering of Tungsten Hard Alloys in a Precisely Controlled Gas Environment]*. Naukova dumka [in Russian].
2. Bondarenko, V.P. (1991). Usloviya obespecheniya maksimalnoy prochnosti i plastichnosti zernistykh kompozitov [Conditions for ensuring maximum strength and plasticity of granular composites] *Vysokonapolnennyye zernistyye kompozity – Highly filled granular composites*. Kiev [in Russian].
3. Bondarenko, V.P., & Yurchuk, N.A. (2005). Spekanie tverdoho splava VK15 pod deistviem szhimaiushchego napriazheniya [Sintering of hard alloy VK15 under compressive stress]. *Porodorazrushaiushchii i metalloobrabatyvaiushchii instrument – tekhnika i tekhnologiya ego izgotovleniya i primeneniya – Rock Destruction and Metal-Working Tools – Techniques and Technology of the Tool Production and Applications*. (8nd Issue, p. 249–255). ISM im. V.N. Bakulia NAN Ukrainy [in Russian].
4. Bondarenko, V.P., Yurchuk, M.O., & Halkov, O.V. (2014). Osoblyvosti struktury ta vlastyvoli karbidovolframovoho tverdoho splavu z nikelvoiu zviazkoiu VN 20 (80 % WC+ 20 % Ni), spechenoho u vakuumi pid zovnishnim odnoosovym tyskom [Features of the structure and properties of tungsten carbide hard alloy with nickel bond BH 20 (80% WC +20% Ni), sintered in a vacuum under external uniaxial pressure]. *Porodorazrushaiushchii i metalloobrabatyvaiushchii instrument – tekhnika i tekhnologiya ego izgotovleniya i primeneniya – Rock Destruction and Metal-Working Tools – Techniques and Technology of the Tool Production and Applications*. (10nd Issue, p. 437–444). ISM im. V.N. Bakulia NAN Ukrainy [in Ukrainian].
5. *Splavy tverdye spechennye. Metod opredeleniya koertsitivnoi sily [Hard sintered alloys. Method for determining the coercive force]*. (HOST 24916-81). (1981). Gosstandart [in Russian].
6. *Splavy tverdye spechennye. Metod opredeleniya plotnosti [Hard sintered alloys. Densitydetermination method]*. (HOST 20018-74). (1974). Gosstandart [in Russian].
7. *Splavy tverdye spechennye. Metod opredeleniya tverdosti po Rokvellu [Hard sintered alloys. Rockwell hardness method]*. (HOST 20017-74). (1974). Gosstandart [in Russian].
8. Ermolenko, N.F., & Efros M.D. (1971). *Rehulirovanie poristoi struktury oksidnykh adsorbentov i katalizatorov [Regulation of the porous structure of oxide adsorbents and catalysts]*. Navuka i tekhnika [in Russian].
9. ISM im. V.N. Bakulia NAN Ukrainy. (1980). *Zameshivanie tverdospлавnykh smesei [Mixing of carbide mixtures]* (Tekhnolohicheskaia instruktsiia TI 25000.20072). [in Russian].