

УДК 621.762.3

М. Прокопів<sup>1</sup>к.т.н., с.н.с., О. Харченко<sup>1</sup>, к.т.н., Г. Крамар<sup>2</sup>, к.т.н., доц., Л. Бодрова<sup>2</sup>, к.т.н., доц., Ю. Ущаровський<sup>1</sup>, заст. директора, Г. Кисла<sup>3</sup>, к.т.н.

<sup>1</sup>Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, Україна

<sup>2</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

<sup>3</sup>ПрАТ "ПлазмаТек", Україна

## ВПЛИВ ШВИДКОСТІ ПРИРОСТУ ТИСКУ ГАЗУ ПРИ ВАКУУМНО-КОМПРЕСІЙНОМУ СПІКАННІ НА СТРУКТУРУ І ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДОГО СПЛАВУ ВК6М

M.M. Prokopiv Ph.D., Sen.Sc. O.V. Kharchenko, Ph.D., H.M.Kramar, Ph.D., Assoc.Prof., L.G.Bodrova Ph.D., Assoc.Prof., Yu.P. Ushchapovskii, Dep.Director, H.P.Kysla, Ph.D.

<sup>1</sup> V. Bakul Institute for Superhard Materials, Ukraine,

<sup>2</sup> Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine,

<sup>3</sup> Private joint-stock company " PlasmaTec", Ukraine

## THE EFFECT OF THE GAS PRESSURE INCREASE RATE DURING VACUUM-COMPRESSION SINTERING ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF FINE GRAIN WC-6Co HARD ALLOY

**Abstract.** The effect of 0.08, 0.2, and 0.5 MPa/min gas pressure increase rates up to 5.0 MPa during vacuum-compression sintering on the structure and properties of fine grain WC-6Co hard alloy was studied. A positive effect of the gas pressure increase rate increase on the transverse rupture strength and service stability during turning of Steel SAE 1045 due to the reduction of residual microporosity and the intensity of gas desorption was determined.

**Вступ.** Технологія спікання під тиском газу до 10 МПа дозволяє одержувати висококонкурентні за критерієм «якість-ціна» вироби із вольфрамокобальтових твердих сплавів, особливо з дрібним зерном і низьким вмістом металевої зв'язки [1, 2]. Так, спікання твердого сплаву марки ВК6 під тиском газу 2, 5 і 8 МПа дозволило за рахунок зниження рівня залишкової мікропористості підвищити границю міцності на вигин з 2000 МПа до 2400, 2790 та 2850 МПа відповідно порівняно з вільним спіканням [1].

Технологічний режим спікання в сучасних промислових печах, незалежно від виробника, ідентичний режиму спікання сплаву марки ВК10 в печі фірми "ALD Vacuum Technologies GmbH" (Німеччина) (рис. 1.) [3].

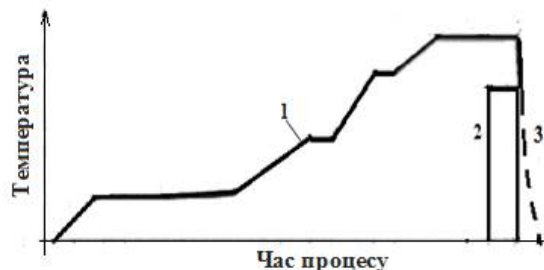


Рис. 1. Режим вакуумно-компресійного спікання під тиском газу до 10 МПа в печі фірми "ALD Vacuum Technologies GmbH" (Німеччина) [3].

Автори докладно описують стадію вакуумного спікання, а також температуру і тривалість ізотермічного витримування кінцевої стадії спікання під тиском аргону 5 МПа (лінія 1). Натомість, параметри стадій напускання газу (лінія 2) та охолодження (лінія 3)

показано схематично вертикальними лініями. Тому різні значення фізико-механічних властивостей твердих сплавів однієї і тієї ж групи, одержані різними дослідниками [1-4], можуть бути наслідком неоднакових значень параметрів на цих стадіях, зокрема, швидкості збільшення тиску газу під час його напускання.

Позитивний вплив тиску газу до 3,0 МПа на властивості різних груп твердих сплавів було встановлено також в [5-7]. При цьому показано [6], що при підвищенні тиску до 5,0 МПа їх міцність зменшилася майже до рівня міцності сплавів після вакуумному спіканні, хоча залишкова мікропористість зменшилася з А2-02 до А1-02, а середній розмір зерен WC збільшився в 1,5 разів. Як відомо, такі зміни у структурі твердих сплавів під час спікання повинні позитивно впливати на міцність. Особливо суттєво (в 1,7 рази) зменшилася експлуатаційна стійкість при чорновому точінні Сталі 45 в умовах ударних навантажень.

Одержані результати автори пояснюють довготривалим (90 хв) ізотермічним витриманням при температурі спікання внаслідок повільної швидкості приросту тиску газу під час його напускання (0,08 МПа/хв), а також збільшенням кількості абсорбованих в об'ємі зразка газів при підвищенні тиску під час спікання.

Таким чином, суперечлива інформація щодо впливу швидкості приросту тиску газу на структуру і властивості твердих сплавів унеможлиблює його ефективне застосування для одержання сплавів високої якості.

**Метою роботи** є встановлення закономірностей впливу швидкості приросту тиску газу при вакуумно-компресійному спіканні на структуру і властивості дрібнозернистого твердого сплаву ВК6М.

#### **Матеріали і методи.**

Зразки для дослідження виготовляли із стандартної дрібнозернистої суміші ВК6М. Спікання проводили на удосконаленій в Інституті надтвердих матеріалів ім. В.М.Бакуля НАН України установці, яка забезпечує робочий тиск 5,0 МПа і швидкість його приросту до 0,5 МПа/хв. Зразки спікали при швидкостях приросту тиску газу 0,08, 0,2 і 0,5 МПа/хв. В якості робочого газу використовували аргон.

Мас-спектри газової фази досліджували на мас-спектрометрі МХ 7304А виробництва фірми "Селмі" (м. Суми, Україна) за співвідношенням маси до заряду ( $m/z$ ) в інтервалі 10 – 60 за методикою [8]. Мікроструктуру і залишкову мікропористість сплавів досліджували методом металографічного аналізу. Гранулометричний склад визначали за допомогою РЕМ методом Кікучі. Границю міцності на вигин визначали методом трьохточкового вигину за стандартною методикою. Експлуатаційну стійкість досліджували при чорновому точінні Сталі 45.

#### **Результати дослідження.**

На рис. 2 подано мікроструктури сплаву ВК6М з виділеними границями WC-WC і WC-Co, отримані при різних швидкостях приросту тиску газу.

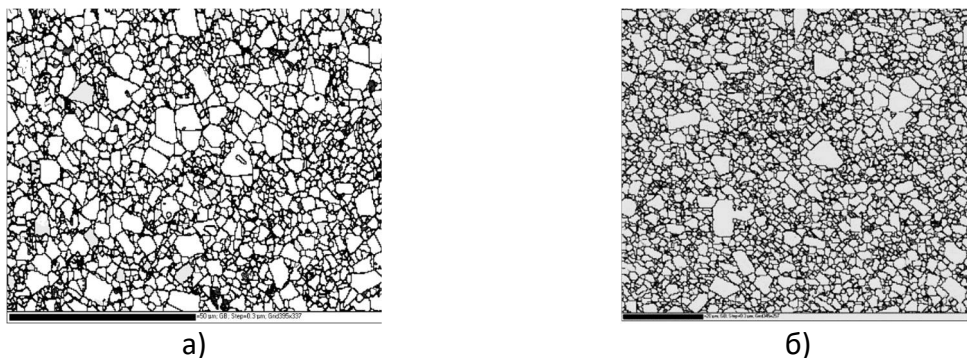


Рис. 2. Мікроструктури сплаву ВК6М, одержані під тиском аргону 5,0 МПа швидкістю його приросту 0,08 (а) і 0,5 МПа/хв (б).

Встановлено, що із зростанням швидкості приросту газу розмір карбідних зерен суттєво зменшується – з 1,81 мкм до 1,24 мкм. Також зменшується залишкова мікропористість – з А2-02 до А1-02.

На рис. 3 подано термодесорбційні спектри іонів однієї із п'яти груп газів із співвідношенням  $m/z$  18, які спікалися з різними швидкостями приросту тиску газу.

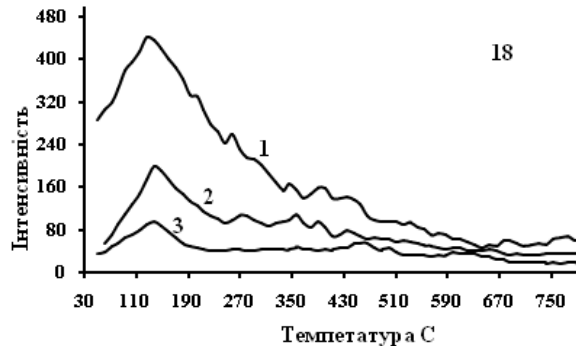


Рис. 3. Термодесорбційні спектри іонів із співвідношенням 18  $m/z$ . Зразки спечених під тиском газу 5,0 МПа із швидкістю приросту тиску газу 0,08 (1), 0,2 (2), 0,5 (МПа/хв) (3).

Як видно з рис. 3, із збільшенням приросту тиску газу в інтервалі 0,08–0,5 МПа/хв максимальна інтенсивність десорбції приведеної групи зменшується в понад 5 разів. Різницю інтенсивності десорбції залежно від швидкості приросту тиску спостерігали і для інших чотирьох груп газів.

Таким чином, у процесі стікання твердого сплаву під тиском аргону до 5 МПа кількість газу, що проникає в об'єм зразка, суттєво залежить від швидкості його приросту. Встановлено, що при спіканні під тиском до 5,0 МПа аргону сплаву ВК6М мінімальний середній розмір карбідного зерна складає 1,24 мкм, мінімальний рівень залишкової мікропористості структури – А1 01, максимальна границя міцності при вигині  $R_{bm} = 2490$  МПа і максимальна стійкість при точінні Сталі 45 в умовах ударних навантажень досягається за умови максимального в інтервалі 0,08 – 0,5 МПа/хв приросту тиску газу після стадії вакуумного спікання.

#### Література.

1. Kolaska H., Dreyer K., Schaaf G. Use of the combined sintering HIP process in the production of hard metals and ceramic // *pmi.* – 1989. – V. 21, № 1. – P. 22 – 28.
2. Bauer R., Schulten R. Retrospection on the development of Sbmter HIP furnaces. // *Modern Hardmetals Proc.* – K.: V.N. Bakul ISM NAS Ukraine, 2008. – P. 133 – 141.
3. Chen H., Zwang D., Li Y., Chen J. High performance sinter – HIP for hard metals // *Proc. of the 15 Plansee seminar, Reutte, Austria.* - Plansee, 2001, Reutte. – V.2. - P. 180 – 188.
4. Missol W., Karwata T., Krajzel J., Bujok J. Comparison of the properties of ultrafine and conventional hardmetals // *Proc. of the 1998 PM World Congress, V 4, Spain, October 18 – 22, 1998.* - P. 152 – 157.
5. Прокопів М.М., Харченко О.В., Сердюк Ю.Д. Структура твердих сплавів групи WC-Co після спікання у газовому середовищі // *Сверхтвердые материалы.* – 2010. – № 2 – С. 96–98.
6. Прокопів М.М., Бондаренко В.П., Харченко О.В., Цап І.В. Вплив умов спікання сплаву ВК10 ОМ на кінетику й механізми зносу його в умовах чистового й ударного точіння // *Матер. Наук.-техн. конф. «Інтерпартнер 2008».* – 2008. – С. 312–327.
7. Kramar H. Thermal compression treatment of WC-Co and TiC-VC-NbC-WC-Ni-Cr Hard alloys /H. M. Kramar, L. H. Bodrova, M. M. Prokopiv, S. Yu. Marynenko // *Proc. of the 18 Plansee seminar, Reutte, Austria.* - Plansee, 2013, Reutte. - P. 146-152.
8. Loed K. B. The kinetic theory of gases. Dover Publications, NewYork, 1961.