

І.В. Цап¹, І.Л. Шабалін²

Вплив тиску пресування керамічних матеріалів системи $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-Cr}$ та $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Cr}$ на їх властивості

¹Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 25, Івано-Франківськ, 76000, Україна

²Селфордський університет, Селфорд, Великий Манчестер, Об'єднане Королівство, e-mail: i.shabalin@salford.ac.uk.

В роботі проведено дослідження механічних властивостей керметів системи $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{Cr}$ та $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Cr}$, отриманих методами вільного спікання, гарячого пресування та гарячого квазіізостатичного пресування при різних тисках. Показано, що збільшуючи тиск пресування, величина щільності, міцності та твердості зростає. Також на міцність впливає метод спікання. При гарячому квазіізостатичному пресуванні матеріалів міцність збільшується в тричі ніж при вільному спіканні, що обумовлено якісними змінами структури та стану фаз.

Ключові слова: **квазіізостатичне пресування, кермет, міцність, твердість.**

Стаття поступила до редакції 25.06.2008; прийнята до друку 15.06.2009.

Вступ

Одним із напрямків дослідження фізико-хімічних умов одержання матеріалів, які забезпечують поєднання пластичності металів та зносостійкості й жаростійкості оксидів, є дослідження впливу тиску в

процесі їх спікання.

Ідея поєднання в одному матеріалі таких різних властивостей вперше реалізована в композиції оксид алюмінію-хром, в якому міцний зв'язок на між фазових границях в процесі спікання формується за рахунок часткового окислення і утворення між

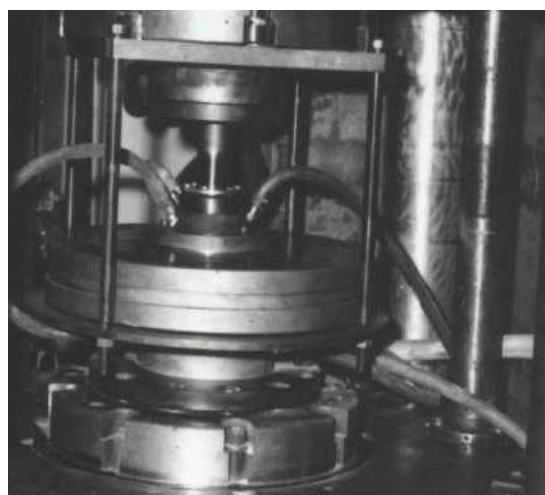
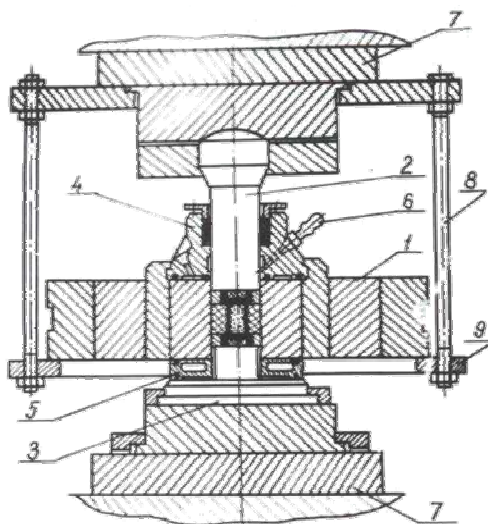
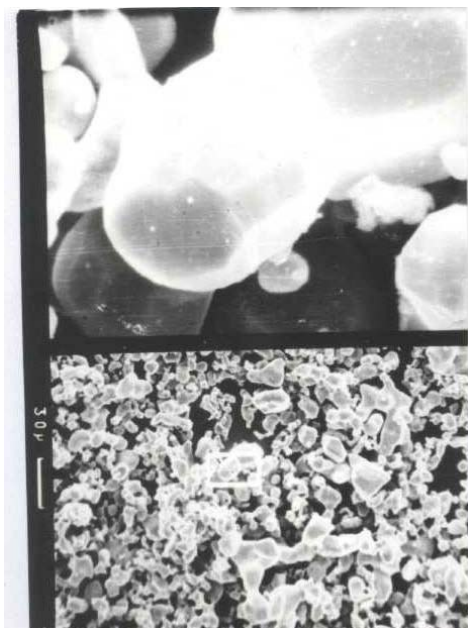


Рис. 1. Схема (а) і загальний вигляд (б) установки гарячого квазіізостатичного пресування:
1 – матриця; 2 – верхній пуансон; 3 – нижній пуансон; 4 – нижній холодильник; 5 – верхній холодильник; 6 – штуцер вакуумування; 7 – плита преса; 8 – шпилька; 9 – підтримуюче кільце.

оксидними фазами твердого розчину $(\text{Al,Cr})_2\text{O}_3$. Очевидно, такий зв'язок повинен бути ще міцнішим в системі $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-Cr}$, матеріал якої міг би знайти застосування для виготовлення інструменту, враховуючи високу абразивну дію частинок оксиду хрому та пластичність чистого хрому. Однак, отриманню такого високоміцного безпористого компонента перешкоджає дисоціація і випаровування основного компонента – оксиду хрому та утворення мікропористості і, як наслідок, невисокі механічні властивості [1].



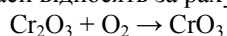
пресі, яка забезпечена системою вакуумування та охолодження. Нагрівання зразків під час пресування здійснюється прямим пропусканням електричного струму через графітовий нагрівник. Одночасно відбувається вакуумування об'єму камери. Тиск в камері передається через контейнер з нітриду бора і скло [3], що забезпечує умови пресування близькі до ізостатичних.

Порошки оксиду хрому і хрому, вигляд поверхні яких показаний на рис.2, перемішували в кульовому млині, пластифікували каучуком і пресували до



Рис. 2. поверхня порошків хрому (а) і оксиду хрому (б).

Зменшення маси зразків з оксиду хрому в окислювальному середовищі при нагріванні температур вище 1000°C обґрунтовано в роботі [2], де показано, що основним газоподібним продуктом реакції на поверхні твердого оксиду хрому є CrO_3 і механізм втрати маси відносять за рахунок реакції



Отже, одержання високоякісного композиту на основі оксиду хрому можливе при умові швидкого ущільнення створення закритої пористості і запобігання утворення та видалення летючих оксидів хрому. Ці умови можливо виконати шляхом спікання під високим ізостатичним тиском.

I. Методика дослідження та устаткування

Дослідження впливу тиску на формування структури, а відповідно, властивостей композиту $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{Cr}$ проводились на установці гарячого квазістатичного пресування при тисках до 1000 МПа, схема і загальний вигляд якої показаний на рис.1. Основним елементом установки є камера високого тиску, змонтована на 630-ти тонному гідравлічному

щільності 45-50%. Кількість металічного хрому в досліджуваних зразках становила 20% мас. і відповідає евтектичній концентрації для системи $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{Cr}$, що є оптимальною за результатами роботи [1]. Температуру спікання зразків встановлювали на $120\text{-}150^\circ\text{C}$ нижчою від температури плавлення в евтектиці досліджуваної системи.

II. Результати дослідження та їх обговорення

Механічні властивості зразків керамічного матеріалу системи $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{Cr}$, отриманого методом вільного спікання, гарячого пресування та гарячого квазіізостатичного пресування, суттєво відрізняються. В таблиці 1 приведені основні властивості спеченого матеріалу $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{Cr}$ в залежності від тиску в процесі спікання. Для порівняння ці ж властивості приведені і для зразків системи $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Cr}$.

З таблиці 1 випливає однозначний висновок про позитивний вплив тиску на властивості досліджуваних композицій. Так для кермета $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Cr}$ міцність при стиску гарячепресованих матеріалів

Таблиця 1

Деякі властивості керметів $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{Cr}$ і $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Cr}$ одержаних при температурі 1500°C і різних тисках в процесі спікання

Кермет	Тиск при спіканні, МПа	Щільність, %	$\sigma_{\text{ст}}$, МПа	HRA
$\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Cr}$	0	96	450	90
	20	100	1820	91
	400	100	2000	91
	800	100	2050	91
$\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{Cr}$	0	90	270	82
	20	98	1000	82
	400	99	3000	92
	800	100	3080	92

більше ніж втричі перевищує отримані вільним спіканням. Такі ж співвідношення зберігаються і для кермета $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{Cr}$. Однак, при порівнянні результатів випробувань матеріалів, одержаних гарячим пресуванням при звичайних і підвищених тисках. Ефективність його застосування для досліджуваних систем є суттєво різною. Якщо для кермета $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Cr}$ зростання міцності складало близько 10%, а значення твердості за Роквелом залишились, практично, на рівні гарячепресованих, отриманих при звичайних тисках, то для композиції $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{Cr}$ при переході від низьких (20 МПа) до високих (400, 800 МПа) тисків пресування, міцність при стисканні зростала до 3000 МПа, а твердість по

ступінь деформації, як окремих фаз керамічного матеріалу $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{Cr}$, так і контактних зон зерен матеріалу. На рис.3 показана мікроструктура спеченого матеріалу в режимі вільного та квазіізотермічного спікання, що є, очевидно, однією із причин високих показників міцності. Як видно з фотографій, при вільному спіканні фази коагулюють, набираючи овальної форми (рис.3,а), а у випадку квазіізотермічного спікання фази подрібнені і розташовані у вигляді витягнутих включень по всьому об'єму матеріала.

Для кермета оксид хрому – хром одержаного в умовах високих квазіізостатичних тисків, керамічна матриця є значно міцнішою від тої, що формується при пресуванні в графітових пресформах. Значення мікротвердості оксидної складової кермету спеченого під тиском 800 МПа становить 31000 МПа, тоді як твердість оксиду хрому в звичайних гарячепресованих зразках рівна 29500 МПа.

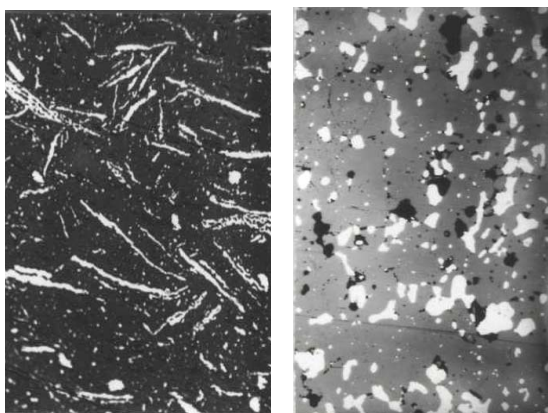


Рис. 3. мікроструктура спеченого матеріалу $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{Cr}$ в режимі довільного (а) та квазіізотермічного спікання. $\times 200$.

Висновки

Дослідження властивостей керметів системи $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{Cr}$ та $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Cr}$ показали, що підвищені тиски пресування позитивно впливають на міцність матеріалів. Причому ізотропна природа та високий рівень прикладених тисків при гарячому квазіізостатичному пресуванні значно підвищують механічні властивості кермета $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{Cr}$ в порівнянні із звичайним гарячим пресуванням в графітових пресформах

Роквелу – з 82 до 92 одиниць за шкалою А. Такі високі показники міцності обумовлені якісними змінами структури та стану фаз під високими тисками.

Рентгеноструктурним аналізом виявлена висока

Цап В.І. – к. т. н., доцент кафедри зносостійкості і відновлення деталей машин;

Шабалін І.Л. – д. т. н., професор інституту матеріалознавства.

- [1] Белых А.Д., Кузенкова М.А., Кислий П.С. Некоторые закономерности спекания кермета окись хрому – хром. // Порошковая металлургия. – 1972. – №10. – с. 19-24.
- [2] Gracham H.C., Devis H.H. Oxidation/Vaporization Kinetics of Cr_2O_3 . // J. Amer. Ceram. Soc. – 1971. – V.54, #2. – p. 89-93.

- [3] Исаков А., Цап В.И. Реологические свойства масс на основе стекла и нитрида бора. // В сб. «Производство и применение сверхтвердых материалов». – К.: ИСМ АН УССР. – 1983.

I.V. Zhap, I.L. Shabalin

Influence of Pressure of Pressing the Ceramic Materials of the System $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-Cr}$ and $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-cr}$ on Their Properties

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Karpatska Str., 25, Ivano-Frankivsk, 76000.
2Salford University, Salford, Grate Manchester, United Kingdom, e-mail: i.shabalin@salford.ac.uk.*

The mechanical properties of cermets of the system $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-Cr}$ and $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Cr}$ received by the methods of free fritting, hot pressing and hot cvaziizostatic pressing at different pressure are researched. It is shown that increasing pressure of pressing the quantity of closeness, durability and hardness grows. Also the method of fritting influences on durability. Durability is increased in three times at the hot cvaziizostatic pressing of materials than at free fritting, that is conditioned by the high-quality changes of structure and state of phases.

Key words: cvaziizostatic pressing, cermet, durability, solidity.