

ПОЛУЧЕНИЕ КЕРАМИЧЕСКОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ НИТРИДА ТИТАНА МЕТОДОМ РЕАКЦИОННОГО ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОГО СПЕКАНИЯ СМЕСИ $\text{TiH}_2\text{--BN}$

Деревянко А.В.⁽¹⁾, Петухов А.С.⁽²⁾, Рагуля А.В.⁽²⁾, Райченко А.И.⁽³⁾

Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАНУ

⁽¹⁾ Эл. почта: ale@ukr-inter.net

⁽²⁾ Эл. почта: ragulya@materials.kiev.ua

⁽³⁾ (38044) 424-22-55, Факс: (38044) 424-21-31, Эл. почта: raitich@ipms.kiev.ua

Введение

Предложен способ получения керамического композиционного материала (ККМ) на основе TiN--TiB_2 путем обработки порошковой смеси $\text{TiH}_2\text{--BN}$ методом электроразрядного спекания (ЭРС). Данный технологический подход имеет ряд преимуществ по сравнению с [1, 2], которые упрощают технологический процесс получения ККМ методом ЭРС.

Рассмотрение вопроса

ККМ на основе TiN--TiB_2 получают в графитовой пресс-форме при непосредственном прохождении суперпозиции электрических токов постоянного и переменного повышенной частоты. Принципиальная схема установки для получения ККМ на основе TiN--TiB_2 методом ЭРС приведена на рис. 1.

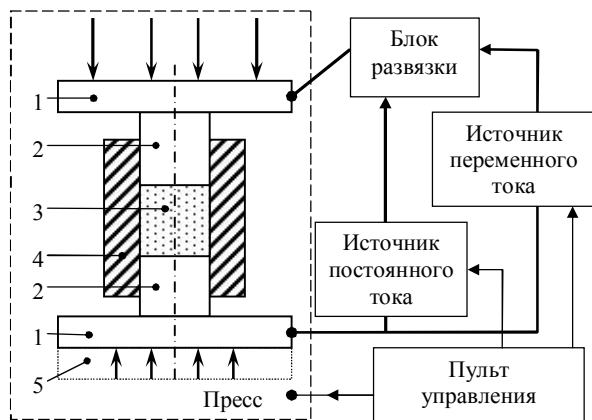


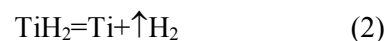
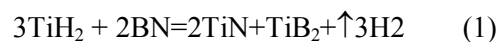
Рис. 1. Принципиальная схема установки для ЭРС ЭРАН 2/1

1— токоподводящие плиты гидравлического пресса; 2— электроды-пуансоны (графит МПГ-6); 3— обрабатываемая порошковая смесь; 4— матрица (графит МПГ-6); 5— блок подпрессовки пресса.

Длительность процесса обработки посредством метода ЭРС составляет до 3 мин.

Одновременно с постоянным током на обрабатываемую смесь воздействуют и переменным электрическим током повышенной частоты (около 5 кГц). Такое смешанное воздействие на порошковую смесь необходимо из-за присутствия нитрида бора, в результате чего смесь порошков представляет собой диэлектрик. Экспериментально определена суммарная плотность электрических токов в процессе обработки, которая равна $(8\text{--}9) \times 10^6 \text{ A/m}^2$.

До момента электрического пробоя порошковой смеси основная часть постоянного электрического тока проходит через графитовую пресс-форму (Рис.1). Из-за этого порошковая смесь, в основном, нагревается за счет прохождения переменного тока. Когда температура обработки повышается до 460–580°C, происходит электрический пробой порошковой смеси и поджиг выделяющегося водорода. В результате электрического пробоя резко повышается электропроводность смеси и так же резко возрастает сила постоянного тока, проходящего через смесь. Это приводит к более сильному нагреву смеси за счет протекания постоянного тока и прохождению реакции синтеза во всем объеме смеси порошков. В процессе синтеза проходят следующие химические реакции:



В предлагаемом способе получения ККМ водород не только удаляется, но и в процессе обработки играет роль защитной газовой среды реакции синтеза. Также при разложении дигидрида титана (2) происходит образование частиц химически активного металлического титана, что положительно сказывается на формировании ККМ.

Вследствие электрообработки посредством метода ЭРС процессы формирования и спекания ККМ ускоряются и протекают более полно, что способствует образованию материала с однородной плотностью. На Рис. 2 показано, как происходит усадка порошковой смеси и рост температуры обработки при получении ККМ на основе TiN–TiB₂.

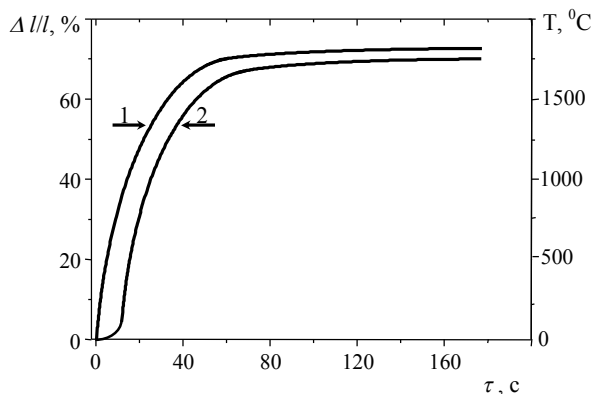


Рис. 2. Зависимость усадки и температуры от времени при ЭРС композиции TiN–TiB₂: 1 – зависимость температуры на поверхности образца от времени; 2 – зависимость усадки от времени.

Относительную плотность синтезированных образцов ККМ измеряли гидростатическим методом, твердость – методом Виккерса, трещиностойкость – методом индентирования [4].

Было проведено исследование возможности получения мелкозернистого высокоплотного тугоплавкого композита на основе нитрида титана методом ЭРС. В качестве исходного сырья для получения образцов использовались порошковые смеси TiH_x+BN и TiH₂+BN с соотношением TiH_x(TiH₂):BN, соответствующим стехиометрическому соотношению согласно реакции (1).

Вещества TiH_x и TiH₂ получены на основе иодидного и магниетермического титана, соответственно, которые отличаются количеством примесей [5]. Соединение TiH₂ имеет кубическую структуру (ГЦК) кристаллической решетки, а TiH_x – тетрагональную структуру (ТЦК). Наличие ТЦК структуры TiH_x свидетельствует о более высоком содержании водорода [5].

Исходные порошки подвергались смешиванию и размолу в планетарно-центробежной мельнице и дальнейшей обработке методом ЭРС. Свойства зарубежных аналогов и полученных материалов представлены в Табл. 1.

Относительная плотность полученных образцов ККМ достигает 98,5–99,0%. Согласно

данным рентгенофазового анализа синтезированный материал состоит из TiN и TiB₂. Как видно из Табл. 1, спеченные материалы имеют несколько пониженную твердость, но гораздо более высокую трещиностойкость, что можно объяснить влиянием водорода на процесс формирования структуры ККМ.

Таким образом, в результате предложенного способа синтеза ККМ методом ЭРС получен керамический материал на основе TiN–TiB₂ с высокими механическими свойствами. Данные керамические материалы могут быть предложены в качестве материалов для изготовления элементов режущего инструмента.

Табл. 1. Свойства зарубежных аналогов и полученных материалов TiN–TiB₂.

Полученный материал	Размер кристаллитов, нм	Микро-твердость, HV при нагрузке		Трещиностойкость, МПахм ^{1/2}
		ГПа	Н	
36%TiB ₂ –TiN(1%Ni) [1]	2000–3000	20.5	196	6.20
53%TiB ₂ –TiN [3]	<100	20.6	2	6.50
36%TiB ₂ –TiN (исх. TiH _x)	500–700	17.2 19.8	2 196	— 8.00
36%TiB ₂ –TiN (исх. TiH ₂)	500–700	19.1 18.6	2 196	— 7.44

Литература.

1. Zhang G., Jin Z., and Yue X. TiN–TiB₂ Composites Prepared by Reactive Hot Pressing and Effect of Ni Addition. // J. Am. Ceram. Soc. – 1995. – **78**, № 10. – P. 2831–2833.
2. Патент № 5794113 США, Simultaneous synthesis and densification by field-activated combustion / Munir Z., Shon I., Yamazaki K. – Оpubл. 11.07.1998.
3. Lee J.W., Munir Z.A., Shibuya M. Synthesis of Dense TiB₂–TiN Nanocrystalline Composites through Mechanical and Field Activation // J. Am. Ceram. Soc. – 2001. – V.84, №6. – P.1209–1216.
4. Evans A.T., Charles E.A. Fracture toughness determination by indentation // J. Am. Ceram. Soc. – 1978. – № 7–8. – p. 371.
5. Гидриды металлов // Под ред. Мюллера В., Блэкледжа Д., Либовица Дж. – М.: Атомиздат, – 1973. – С.283–290.