

# **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

## **МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций»**

## **X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

1

DOI: 10.17223/9785946217408/227

**ТВЕРДОСТЬ И АБРАЗИВНАЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫХ ПОКРЫТИЙ, НАПЛАВЛЕННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫМИ ПОРОШКАМИ «МОНОБОРИД ТИТАНА – ТИТАНОВАЯ СВЯЗКА»**

<sup>1</sup>Прибытков Г.А., <sup>1</sup>Коржова В.В., <sup>1,2</sup>Креницын М.Г., <sup>1</sup>Фирсина И.А., <sup>1</sup>Коростелева Е.Н.

<sup>1</sup>*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Томский политехнический университет, Томск, Россия*

Проблема повышения ресурса работы металлорежущего инструмента и ответственных деталей машин является актуальной и одним из путей ее решения является создание одно – и/или многослойных покрытий различного функционального назначения (упрочняющих, износостойких, жаропрочных и т.д.) на поверхности режущего инструмента. Использование порошковых металлматричных композитов (ММК), которые представляют собой «дисперсный упрочнитель – металлическая матрица (связка)» и обладают уникальным сочетанием твердости и вязкости, приводит к значительному увеличению твердости и износостойкости режущего инструмента. Установлено, что абразивная износостойкость электронно-лучевых покрытий, наплавленных композиционными СВС порошками «TiC-Ti», выше в 21,6 раз по сравнению с износостойкостью титана ВТ1-0 и в 13,8 раз по сравнению с износостойкостью сплава ВТ6 [1].

Использование титана в качестве материала связки ММК позволяет получать материалы с высокой удельной прочностью. В качестве упрочнителя обычно выступают твердые частицы тугоплавких соединений: TiN, TiC, TiB, TiB<sub>2</sub>. Эти соединения обладают отличной термодинамической и химической стабильностью, высокой твердостью (около 30 ГПа), а также близкими коэффициентами теплового расширения  $\alpha$ : Ti =  $8.2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ; TiB= $7.2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ; TiC= $7.9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  [2-3].

В настоящей работе исследованы электронно-лучевые покрытия из СВС-композиционных порошков с титановой связкой, полученных в режиме послойного горения порошковых реакционных смесей титана и бора. Целью работы было исследовать структуру покрытия, переходной зоны от покрытия к подложке (титан) и оценить вклад боридных частиц в упрочнение титановой матрицы, определить твердость и абразивную износостойкость покрытий по сравнению с титаном ВТ 1-0.

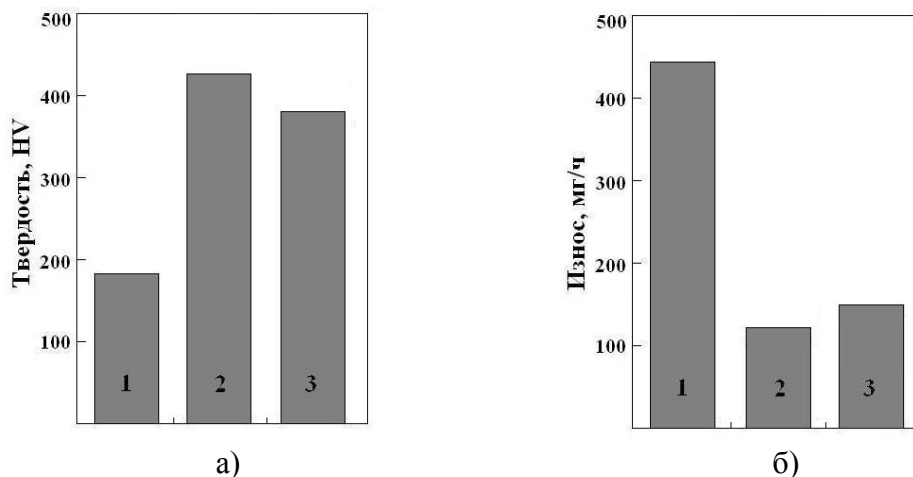
Композиционные порошки с расчетным содержанием титановой связки 20 и 50 об.% получены при горении цилиндрических прессовок из порошковых смесей титана ТПП-8, бора аморфного технического марки «А» в аргоне. Морфология гранул композиционного порошка «Ti-B», полученного дроблением и рассевом на фракции была исследована методом растровой электронной микроскопии. Гранулы имели неправильную осколочную форму. СВС продукт, содержащий 20 % связки, очень хрупкий, поэтому при дроблении образуется много мелких осколков. Эта хрупкость объясняется хрупкостью моноборида титана, который занимает 80 % объема в СВС продукте. СВС продукт с 50 об% титановой связки обладает значительной пластичностью, поэтому при дроблении СВС спеков образуется мало мелких осколков среди гранул осколочной формы. Микроструктура СВС продукта с содержанием титановой связки 20% и 50% состоит из относительно мелких, хаотически ориентированных боридных усов в титановой матрице. Рентгенофазовый анализ показал, что для исследованных составов продукты синтеза многофазные, присутствуют фазы: моноборид титана, диборид титана, титан и окислы титана.

Для лучшей наплавляемости СВС-порошки разбавляли порошком титана до интегрального содержания титановой связки в наплавленных покрытиях 80 об%. Поэтому основной фазой в покрытии являются титан, также присутствует моноборид титана. Оксид титана и диборид титана, присутствовавшие в СВС- порошках, в наплавках не обнаружены. В структуре покрытий крупные иглоподобные включения первичного моноборида титана выделяются на фоне протравленной связки, представляющей собой дисперсную эвтектику TiB+Ti. Мелкодисперсные TiB усы в структуре эвтектики не разрешаются из-за малого

#### Секция 4. Научные основы разработки материалов с многоуровневой иерархической структурой, в том числе для экстремальных условий эксплуатации

увеличения. В наплавке смесью с композиционным порошком TiB+20%Ti объемная доля первичных боридов визуально больше, чем в наплавке смесью с порошком TiB+50%Ti, что согласуется с результатами рентгеноструктурного анализа.

На основе результатов исследования микроструктуры и профилей микротвердости в переходной зоне покрытие – подложка сделан вывод о надежной адгезии покрытия к подложке. Результаты измерения твердости и скорости износа (рис. 1) показывают, что наплавка покрытий со структурой металлматричного композита «моноборид титана – титан» позволяеткратно увеличить твердость и абразивную износостойкость титана ВТ1-0.



**Рис.1.** Твердость (а) и скорость износа (б): 1-титан ВТ 1-0; 2- наплавка TiB+ Ti (20 → 80), 3- наплавка TiB+ Ti (50 → 80)

Повышение твердости составляет 2-2,2 раза, а износостойкости 3-3,7 раз. Различие в значениях твердости и износостойкости покрытий, наплавленных смесями с композиционными порошками, содержащими 20 и 50 об.% титановой связки объясняется небольшим различием в содержании борида титана

#### Литература

1. Г.А. Прибытков, М.Г. Криницын, И.А. Фирсина, В.Г. Дураков. Твердость и абразивная износостойкость электронно-лучевых покрытий «карбид титана – титановая связка», наплавленных СВС композиционными порошками // Вопросы материаловедения. 2017. № 4. С.52-61.
2. J. Zhang, W. Ke, W. Ji, Z. Fan, W. Wang, Z. Fu. Microstructure and properties of in situ titanium boride (TiB) /titanium (Ti) composites // Materials Science & Engineering A. 2015. V.648. P.158–163.
3. H. Attar, L. Löber, A. Funk, M. Calin, L.C. Zhang, K.G. Prashanth, S. Scudino, Y.S. Zhang, J. Eckert. Mechanical behavior of porous commercially pure Ti and Ti–TiB composite materials manufactured by selective laser melting // Materials Science & Engineering A. 2015. V.625. P.350–356.

*Работа выполнена в рамках Программы III. 23 фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 16-08-00493 а и № 16-48-700381)*