

# Investigation of wetting and contact interaction in the system $TiB_2$ -(Fe-Mo)

A.P. Umansky<sup>1</sup>, V.V. Akopian<sup>2</sup>,  
M.S. Storozhenko<sup>3</sup>

Institute for Materials Science. Frantsevicha,  
Kyiv, str. Kryzhanivskiyi, 3.

<sup>1</sup>E-mail: kerm@voliacable.com

<sup>2</sup> E-mail: akopianvv@ukr.net

<sup>3</sup> Department of Technology airports, National Aviation University, Kyiv, Prospect Komarova 1,  
E-mail: storozhenkomary@ukr.net

Development of composite materials and coatings intended for intensive use is an important issue of contemporary material science. Due to high hardness, refractory titanium compounds, in particular titanium diboride, are promising substrates for wear-resistant substances and coatings. However, their high frangibility prevents them from being applied in pure form. Therefore, the recommendation is that they should be used with metal coupling agent. For  $TiB_2$ , iron alloys are advisable. Firstly, iron is available plastic material. Secondly, when applying coatings on steel surfaces, presence of iron in the coupling of composite material results in a decreased concentration gradient.

The study presents kinetic regularities of wetting of titanium diboride with Fe-Mo alloys in the range of Mo concentration from 2% to 30%. Contact angles were estimated and energy parameters calculated. It was found out that incorporation of as little as 2% molybdenum into iron leads to a drop in the contact angles and reduced interphase activity of the system's components. Further increase of molybdenum content up to 17% in the alloy brings about further decrease in contact angles of wetting of  $TiB_2$  by the alloy. For iron alloy with 17% Mo, contact angle of wetting the refractory component is zero degrees; thereat, no new chemical substances are formed. The zone of interaction between the alloy Fe-17%Mo and titanium diboride, the refractory component, was shown to be narrow (20  $\mu$ m).

Incorporation of molybdenum in the amount exceeding 17% results in more active chemical interaction between the components of the system  $TiB_2$ -(Fe-Mo) and reduced wetting. Therefore, the alloy Fe-17%Mo is an auspicious metal coupling agent for titanium-diboride-based composites.

*Translated by Polyglot Translation Bureau  
<http://www.polyglot-lviv.com>*

# Дослідження закономірностей змочування та контактної взаємодії в системах $TiB_2$ -(Fe-Mo)

А.П. Уманський<sup>1</sup>, В.В. Акопян<sup>2</sup>,  
М.С. Стороженко<sup>3</sup>

Інститут проблем матеріалознавства ім. І. Н. Францевича,  
м. Київ, вул. Крижанівського, 3.

<sup>1</sup>E-mail: kerm@voliacable.com

<sup>2</sup> E-mail: akopianvv@ukr.net

<sup>3</sup> Кафедра технології аеропортів, Національний авіаційний університет, м. Київ, проспект Комарова 1,  
E-mail: storozhenkomary@ukr.net

*Проведено змочування  $TiB_2$  сплавами на основі заліза с різним вмістом Мо від 2 до 30 %. Встановлено контактні кути змочування та розраховані енергетичні параметри. Розглянути мікроструктури зон взаємодії та розподіл елементів.*

**Ключові слова** – матеріалознавство, композиційні матеріали диборид титану, змочування, контактна взаємодія, сплави залізо молібдену.

## I. Вступ

Актуальність даної роботи обумовлена необхідністю розробки нових недефіцитних зносостійких композиційних матеріалів та покриттів. Основою для створення таких матеріалів, перспективним є диборид титану, який має високу твердість (34,8 ГПа). Однак застосування цього матеріалу в чистому вигляді обмежено через його високу крихкість. Тому доцільно його використовувати в поєднанні з металеву зв'язкою яка повинна відповідати наступним вимогам[1]:

- металева зв'язка повинна змочувати тугоплавку складову з утворенням контактних кутів  $<90^\circ$ ;
- між металеву зв'язкою і тугоплавою складовою повинна бути відсутньою активна хімічна взаємодія.

В якості металеву зв'язки для  $TiB_2$  доцільно використовувати сплави на основі заліза[2].

В раніше проведених дослідженнях було встановлено, що в системі  $TiB_2$  – Fe утворюється контактний кут змочування  $62^\circ$  та відбувається активна взаємодія. Спостерігається гетеро фаза структура, зміна складу вихідних компонентів, зокрема, утворення бориду заліза, який є крихким. Тому чисте залізо недоцільно використовувати в якості металеву зв'язки для композиційного матеріалу на основі  $TiB_2$ [3].

Для покращення змочування та зменшення активної хімічної взаємодії між  $TiB_2$  та Fe можна використовувати добавки молібдену. Молібден є традиційним легуючим компонентом в композиційних матеріалів (КНТ-16). Також додавання Мо зменшує розчинність бору з бориду в металеву фазу [2]. Молібден є міжфазноактивним елементом, що сприяє зменшенню кута змочування за рахунок збільшення поверхневої енергії між сплавом (Fe – Mo) та  $TiB_2$ .

Метою проведених досліджень є вивчення закономірностей змочування та особливостей контактної

взаємодії в системах  $(TiB_2) - (Fe - Mo)$  для визначення оптимального складу металеві зв'язки, та вплив добавок молібдену на між фазну взаємодію між диборидом титану та залізом.

## II. Методика і об'єкти експерименту

Дослідження кінетики змочування  $TiB_2$  з залізом та металевими сплавами  $(Fe - Mo)$  проводилося методом лежачої каплі. Дослідження проводили у вакуумі при температурах, які на  $30-50\text{ }^\circ\text{C}$  перевищують температуру плавлення відповідних сплавів. Склад і структуру фаз, що утворюються при контактній взаємодії тугоплавкої підкладки і сплаву, вивчали за допомогою оптичного мікроскопа Neophot 30, та електронного мікроаналізатора Camebax SX-50. Зразки підкладок з  $TiB_2$  отримували методом гарячого пресування з послідовним шліфуванням, та знежиренням. Сплави  $(Fe - Mo)$  в концентраційному інтервалі 2-30%(мас.) Мо були отримані плавленням відповідних порошків в вакуумній печі СШВ.

## III. Результати досліджень та їх обговорення

В даній роботі встановлено, що при введенні в залізо невеликих добавок молібдену в кількості 2% значно знижується контактний кут змочування до  $21^\circ$  (рис. 1). При вивченні зони взаємодії системи  $TiB_2-(Fe-2\%Mo)$  мікро-рентгеноспектральним аналізом (МРСА) було виявлено гетеро фазну структуру краплі і перехідної зони (рис. 2,а), що свідчить про утворення нових хімічних сполук в системі.

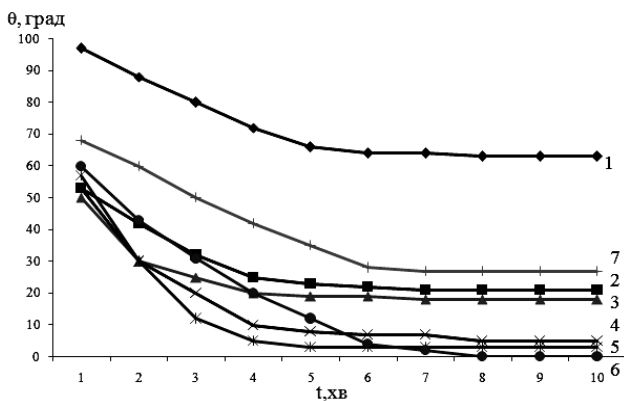


Рис. 1. Кінетика змочування  $(TiB_2) - (Fe-Mo)$ :  
1 – Залізо ; 2 – Fe-2%Mo; 3 – Fe-5%Mo; 4 – Fe-9%Mo;  
5 – Fe-13%Mo; 6 – Fe-17%Mo; 7 – Fe-30%Mo

При подальшому додаванні Мо в залізо в кількості 5-13 %

було відмічено більш інтенсивне змочування тугоплавкої підкладки сплавами (рис. 1), але при цьому зберігається активна хімічна взаємодія.

Додаванню молібдену в залізо в кількості 17% призводить до утворення нульових кутів змочування (рис. 1) та сприяє зниженню міжфазної активності сплаву з диборидом титану. Зона взаємодії між сплавом Fe-17%Mo і тугоплавкої складової  $TiB_2$  характеризується вузькою ділянкою і становить 20 мкм(рис. 2,б).

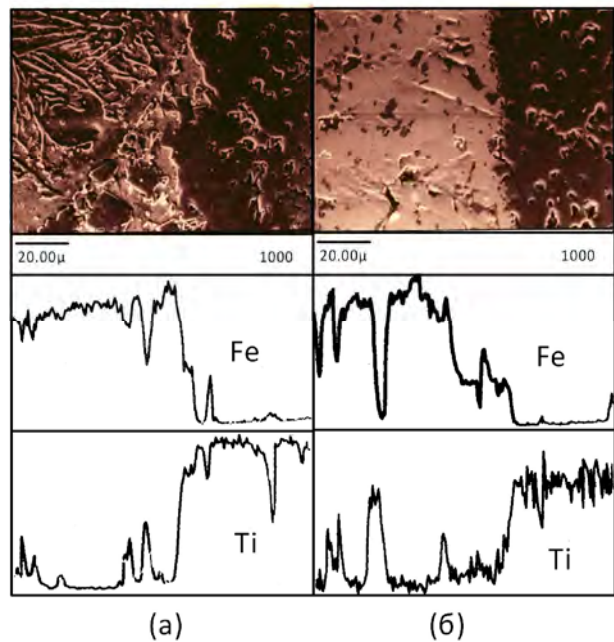


Рис. 2. Структура каплі після взаємодії в системі  $TiB_2 - Fe-2\%Mo$  та розподіл елементів (а); структура каплі після взаємодії в системі  $TiB_2 - Fe-17\%Mo$  та розподіл елементів (б)

Після введення 30% Мо в залізо спостерігається збільшення контактного кута змочування до  $27^\circ$ . При цьому було відмічено збільшення хімічної взаємодії, про що свідчить збільшення зони взаємодії до 40 мкм.

## Висновок

В роботі було вивчено закономірності кінетики змочування дибориду титану сплавами  $(Fe-Mo)$ . Було виявлено, що введення в залізо молібдену навіть в незначній кількості (2%) сприяє зменшенню контактних кутів змочування. При подальшому збільшенні молібдену в сплав до 17% спостерігається подальше зменшення кутів змочування сплавом дибориду титану. Сплав Fe-17%Mo змочує тугоплавку складову з утворенням нульових контактних кутів, при цьому не відбувається утворення нових хімічних сполук. При введенні до заліза молібдену в кількості більше 17% спостерігається більш активна хімічна взаємодія між компонентами системи  $TiB_2-(Fe-Mo)$  та погіршення змочування.

Отже, в якості металеві зв'язки для композиційних матеріалів на основі дибориду титану перспективним є сплав Fe-17%Mo.

## Література

- [1] Кислий П. С. Керметы. – Киев: Наук, думка, 1985. – 271 с. Войтович
- [2] Кюбарсеп Я. Твердые сплавы со стальной связкой. - Таллинн: Таллин, гос. ун-т. -1991,- 164 с.
- [3] Самсонов Г.В., Панасюк А.Д., Боровикова М.С. Контактное взаимодействие тугоплавких соединений с жидкими металлами. IV. Взаимодействие тугоплавких боридов с жидкими металлами семейства железа. - Порошковая металлургия 1973, №6, с. 51-57.