

УДК 621.746:669.2.8

Л.М. Самчук

Луцький національний технічний університет

**АНАЛІЗ МЕТАЛОГРАФІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ДЛЯ СИСТЕМИ ТІ-С-ШХ15
ОТРИМАНОЇ МЕТОДОМ СВС**

В даній роботі представлено металографічне дослідження структури матеріалу ТІ-С-ШХ15 отриманої методом само поширюваного високотемпературного синтезу. Проведені дослідження показали наявність утворених інтерметалідів, які і забезпечать даному матеріалові високу міцність і твердість. Висновки та отримані результати спонукають до подальшого наукового та практичного дослідження.

Ключові слова: система ТІ-С-ШХ15, властивості, конструкційний матеріал, СВС-процес, застосування.

Форм. 1. Рис. 5. Літ. 10

Л.М.Самчук

**АНАЛИЗ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ТИ-С-
ШХ15 ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ СВС**

В данной работе представлены металографические исследования структуры материала ТИ-С-ШХ15 полученной методом же распространяемого высокотемпературного синтеза. Проведенные исследования показали наличие образованных интерметаллидов, которые и обеспечивают данному материалу высокую прочность и твердость. Выводы и полученные результаты побуждают к дальнейшему научного и практического исследования.

Ключевые слова: система ТИ-С-ШХ15, свойства, конструкционный материал, СВС-процесс, применение.

L.M. Samchuk

**ANALYSIS SYSTEM FOR RESEARCH METALLOGRAFICHESKOHO TI-C-BBS15
POLUCHENNOY BY SHS**

In this work the metallographic investigation of the structure of the material TI-C-BBS15 obtained by similarly distributed high-temperature synthesis. Studies have shown the presence of intermetallic compounds formed, and that this material will provide high strength and hardness. Conclusions and findings encourage further research and practical research.

Key words: TI-C-BBS15, properties, construction material, SHS-process applications.

Постановка проблеми. В світлі обмежених енергетичних ресурсів України проблема енергозаощадження є особливо актуальна. Пошуки розв'язання проблеми здійснюються по декількох напрямках. В першу чергу, це дослідження та впровадження у виробництво нових, прогресивних енергозберігаючих технологій порошкової металургії, саморосповсюджувального високотемпературного синтезу (СВС-процесу), іонно-плазменного, лазерного напилення плівок, використання у якості сировини наноматеріалів та ін. [1]. Другим важливим резервом підвищення ефективності виробництва є використання відходів життєдіяльності людства, в тому числі і відходів машинобудівного комплексу[2].

Важливого значення вирішення цієї проблеми набуває і підвищення якості і надійності деталей і конструкцій за рахунок підвищення властивостей конструкційних матеріалів [3]. Одним із ефективних шляхів зменшення собівартості виготовлення деталей є використання відходів промислового виробництва. Особливу увагу приділяють відходам сталі ШХ15, що утворюються в процесі шліфування кілець шарикопідшипників. В Луцькому національному технічному університеті розроблено ряд технологічний процес отримання металевого порошку із шліфувальних шламів шарикопідшипникової сталі ШХ15[4].

Мета статті: провести аналіз металографічного дослідження для системи Ті-С-ШХ15 отриманої методом СВС.

Виклад основного матеріалу. Необхідність у матеріалі, що має високі експлуатаційні характеристики в екстремальних умовах з розвитком техніки і технологій постійно зростає. В залежності до поставлених вимог такі матеріали повинні бути зносостійкими, жароміцними, хімічно-інертними при контакті з агресивними рідинами і газами при високих температурах. Таким вимогам відповідають тугоплавкі з'єднання: карбіди, нітриди, бориди, силіциди, оксиди, а також тверді сплави і композиційні матеріали на їх основі. Отримання тугоплавких сполук і виробів з них пов'язане зі значними матеріальними витратами.

Винахід методу СВС (самопоширюваного високотемпературного синтезу) привело до розвитку нового напрямку як в науці про горіння, так і в технології отримання високоякісних матеріалів. На першій стадії розвитку цього процесу продукти реакції практично завжди були

достатньо слабоспеченими брикетами. В основному, для реалізації процесу використовувалися тугоплавкі металопоподібні карбіди, бориди і нітриди [5].

Розширення діапазону технологічних можливостей СВС дозволило синтезувати порошки з незвичайними, а інколи просто унікальними високими параметрами. Сьогодні такий підхід (створення методом СВС порошоків та виробів, що перевищують традиційні за технологічними характеристиками, або властивостям одержаних на їх основі матеріалів) фактично є домінуючим.

Метод СВС здійснюється за допомогою сильної екзотермічної взаємодії більшої кількості елементів періодичної системи з бором, вуглецем, азотом, кремнієм, що пов'язано з виділенням теплоти при утворенні продукту, і високих значень енергії активізації. В зв'язку з цими особливостями реалізується можливість протікання реакції взаємодії у вузькій зоні, що проходить по нагрітій суміші реагентів [6]. Вважається, що спікання сумішей починається з того, що в міжчастинкових контактах протікають дифузійні процеси [7]. Авторами [8] була запропонована схема процесу спікання пресовок із порошоків титану і заліза, суть якої полягає в тому, що рідка фаза евтектичного складу, яка виникає на границі частинок металу внаслідок контактного плавлення, добре розтікається по поверхні титану. На границях між частинками заліза і титану внаслідок інтенсивної контактної взаємодії, що веде до утворення інтерметалідів, процес розтікання рідкої фази гальмується і швидко припиняється. Рідина остаточно закристалізовується в інтерметалідну фазу [9].

При виконанні роботи були використанні матеріали: порошок титану марки ПТС-1 (ГОСТ 9722-79), вуглець С (сажа – ТУ 14-7-24-80) та порошок сталі ШХ 15. Хімічний склад порошку сталі ШХ15, який ми одержали із шламових відходів при виготовленні підшипників на ПАТ СКФ-України вивчали за допомогою спектрографа моделі ИСП-30. Для порівняння властивостей матеріалів, отриманих за різною технологією, проводилася серія паралельних дослідів. Зразки спікалися методом пічного спікання та в режимі СВС. Спікання пічним методом проводили в печі моделі СГО55-754 при температурі 1500 К під рідким затвором протягом двох годин. Перед спіканням робочу зону печі продували аргонем [10]. Методом СВС спікали в лабораторному реакторі, який був виготовлений в Луцькому національному технічному університеті. Синтез здійснюється в інтервалі температур від 557 – 1677 К. Зразки для металографічних досліджень готувалися за стандартною методикою. Шліфи зразків досліджували за допомогою мікроскопу моделі ММР-4 при збільшенні $\times 600$.

З метою отримання чіткого зображення границь зерен шліфи протравлювали 4% H_2SO_4 . Площинну пористість визначали по мікрофотографіях шліфів за допомогою програми RНОТОМ та програми Smart-eye. Встановлено, що пористість рівна 30%. Об'ємну пористість визначали ваговим методом за геометричними параметрами зразків. На рис. 1. наведена структура зразків спечених методом СВС. Програмний продукт Smart-eye дозволяє проводити морфологічний аналіз рельєфу поверхні зразків. На рис. 2. наведено характер поверхні зразків після пічного спікання (до і після травлення). На рис. 3. представлена структура отриманих пічним методом ($\times 600$ (до і після травлення)). На рис.4. показано рельєф поверхні зразків після пічного спікання (до і після спікання). Очевидно, що травлення зменшує висоту мікронерівностей поверхні. Із знімка видно: темні області – мартенсит; світлі області – інтерметаліди заліза: Fe_2Ti , $FeTi$; сірі області – карбід титану (TiC).

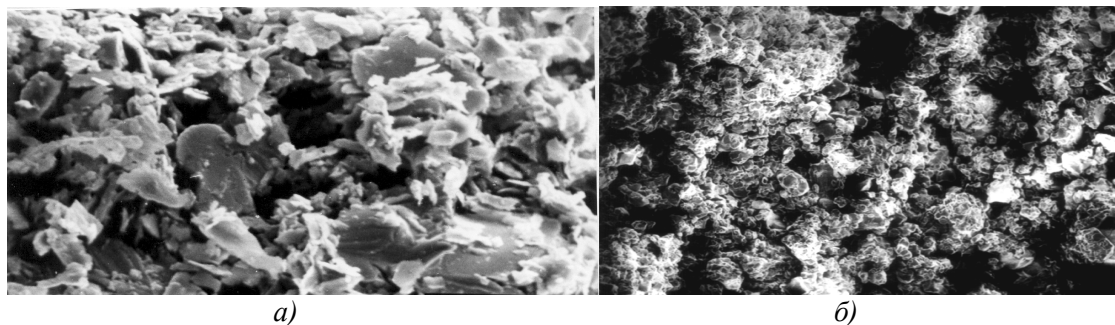
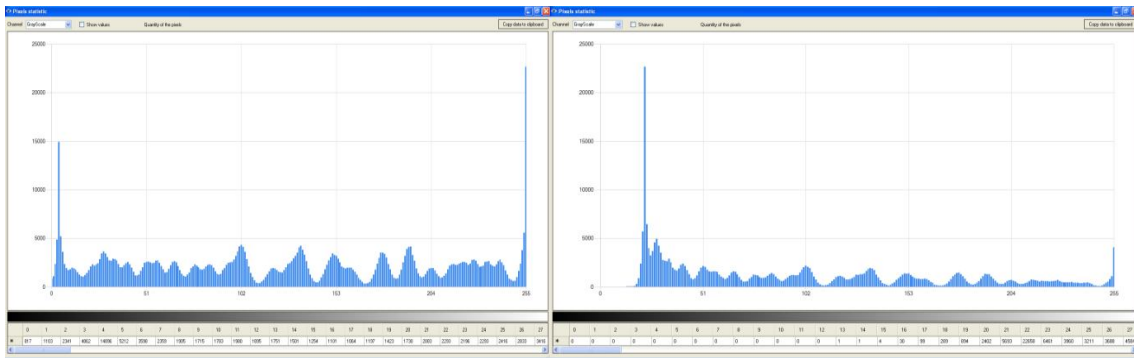


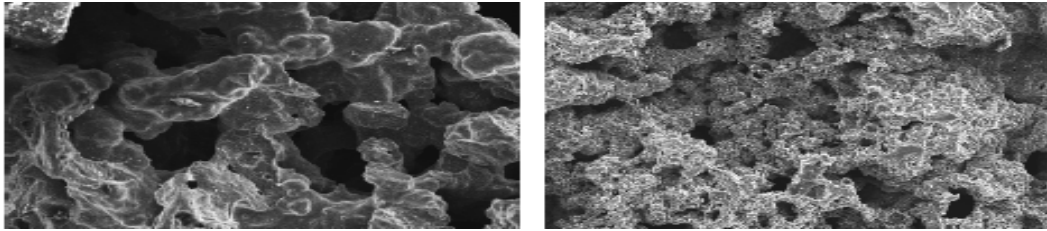
Рис. 1. Структура зразків спечених СВС при збільшенні $\times 600$ (а – до і б – після травлення)



а)

б)

Рис. 2. Рельєф поверхні спечених методом СВС (а – до і б – після травлення) $\times 600$



а)

б)

Рис. 3. Структура зразків спечених пічним методом при збільшенні $\times 600$
(а – до і б – після травлення)

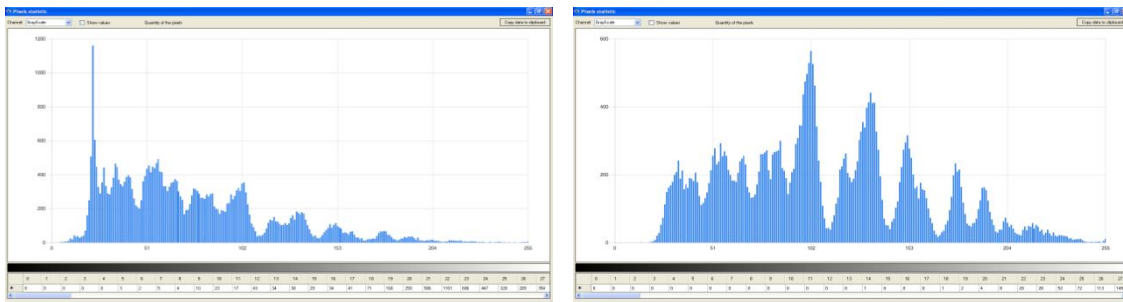
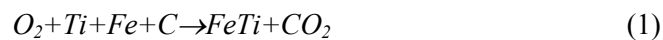


Рис. 4. Рельєф поверхні спечених пічним методом при збільшенні $\times 600$
(а – до і б – після травлення)

Методи СВС дозволяють отримувати інтерметаліди з великою теплою утворення. Особлива увага приділяється структурі твердого розчину інтерметаліду, що виникає в результаті досить швидкого протікання процесу [9].



В сплавах $Fe-Ti$ є два інтерметалідних з'єднання. Фаза Fe_2Ti (фаза Лавеса типу $MgZn_2$, $a = 0,4774 \text{ нм}$, $c = 0,7794 \text{ нм}$ при 27.4% (ат.) Ti і $a = 0,785 \text{ нм}$ при 37% (ат.) Ti) плавиться конгурентно при $1427^\circ C$. Область її гомогенності знаходиться в межах 27–33% (ат.) Ti . Фаза $FeTi$ (типу $CsCl$, $a = 0,2976 \text{ нм}$ при 49.5% (ат.) Ti) утворюється за перитектичною реакцією при $1317^\circ C$ (склад евтектики 15% (ат.) Ti). Залізо знижує температуру поліморфного перетворення титану до температури евтектоїдної рівноваги. Максимальна розчинність заліза в $\beta-Ti$ становить 22% (ат.) при $1085^\circ C$, титану в $\alpha-Fe$ – 9,8% (ат.) при $1289^\circ C$, титану в $\gamma-Fe$ – 1% (ат.) при $1100^\circ C$. На рис.5. наведена діаграма стану системи $Fe-Ti$.

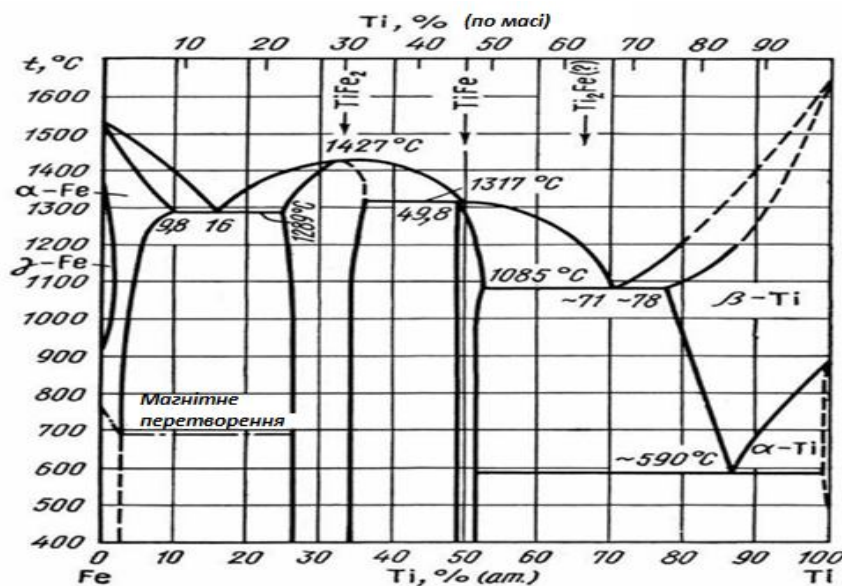


Рис. 5. Діаграма стану системи Fe–Ti

Авторами [10] досліджено зміни фазового складу пресовок з порошків суміші $Fe\text{--}TiFe$. Показано, що структура спеченого матеріалу по мірі збільшення вмісту інтерметалідної фази послідовно трансформується з матричної в каркасну, в тому числі в евтектичну, а потім в однофазну інтерметалідну, збагачену залізом.

Висновок. Метод СВС дозволяє синтезувати порошки з незвичайними, а інколи просто унікальними високими параметрами. Як показали металографічні дослідження, що при спіканні методом СВС забезпечується однорідність структури.

1. Мержанов А.Г., Шаривкер С.Ю. СВС-порошки и их технологическая переработка / И.П. Боровинская (ред.); РАН. Институт структурная макрокинетика и проблем материаловедения. – Черноголовка: Издательство ИСМАН, 2000. – 117 с.
2. Мержанов А.Г. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез в химии и технологии тугоплавких соединений / А.Г. Мержанов, И.П. Боровинская // ВХО, 1999. – т. XXIV. №3. – С. 223-227.
3. Бобович Б.Б., Девяткин В.В. Переработка отходов производства и потребления: Справочное издание / Под ред. док. техн. наук, проф. Б.Б. Бобовича. – М.: Интермет Инжиниринг, 2000. – 496 с.
4. Дорофеев Ю.Г., Мариненко Л.Г., Устиненко В.И. Конструкционные порошковые материалы и изделия. – М.: Металлургия, 1986. – 144 с.
5. Патент України № 63558 А МПК 7 B22F9/04. Спосіб отримання металевого порошку з шламових відходів підшипникового виробництва / В.Д. Рудь, Т.Н. Гальчук, О.Ю. Повстяной; Заявл.06.05.03; опубл. 15.01.04. Бюл. №1, 2004.
6. V. Kiebak, W. Shatt, G. Jangg. Titanium-alloyed sintered steels // Powder Met. Int., 16(5), pp. 207-212 (1984). R. German, W. Baek, J. Dillar. Microstructure and property development in transient liquid phase sintered iron-titanium alloys // Progress in Powder Metallurgy, 41, p. 765–790 (1985).
7. Жигуц Ю.Ю. Структура і властивості синтезованих твердих сплавів / Ю.Ю. Жигуц // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – Львів. – 2003. – №1. – С. 109-110.
8. Зарубицкая Л.И. Структура и некоторые свойства электролитических порошков интерметаллидов титана с железом / Л.И. Зарубицкая // Порошковая металлургия, (3). – 1991. – С. 1-3.
9. Петрик І.Я. Дослідження формування структури сплаву системи Fe -Ti в процесі дифузійного насичення та спікання з порошкових матеріалів і вплив її на триботехнічні властивості / І.Я. Петрик // Фізика і хімія твердого тіла. – 2008. – Т.9, №3. – С. 567–573.
10. Петрик І.Я. Вплив режиму спікання зразків на структуру і фазовий склад системи Fe-Ti / І.Я. Петрик // Фізика і хімія твердого тіла. – 2007. – Т. 8, № 3. – С. 628–630.

Стаття надійшла до редакції 24.03.2014.