

Н.М. Гулієва, Т.М. Кокоша
ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ Fe–Ti–C, УТВОРЕНОЇ МЕТОДОМ
САМОПОШИРЮЮЧОГО ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗУ

В даній роботі розглянуто механізм спікання порошків заліза, титану та вуглецю та їх основні закономірності. Визначено оптимальний шихтовий склад сполук порошків: заліза, титану та вуглецю. Досліджено, що для системи залізо – титан – вуглець синтез здійснюється в інтервалі температур від 1080–1200°C з утворенням інтерметалідів FeTi і Ti.

Ключові слова: структура, титан, вуглець, залізо, самопоширюючий високотемпературний синтез (CBC), спікання, пористість.

Рис. 2. Форм. 2. Літ. 7.

Н.М. Гулієва, Т.М. Кокоша
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ Fe–Ti–C, ОБРАЗОВАННОЙ МЕТОДОМ
САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА

В данной работе рассмотрен механизм спекания порошков железа, титана и углерода и их основные закономерности. Определен оптимальный шихтовый состав соединений порошков: железа, титана и углерода. Доказано, что для системы железо – титан – углерод синтез осуществляется в интервале температур от 1080–1200°C с образованием интерметаллидов FeTi и Ti.

Ключевые слова: структура, титан, углерод, железо, самопоширюючий високотемпературний синтез (CBC), спекание, пористість.

N.M. Hulieva, T.M. Kokosha
THE RESEARCH OF Fe–Ti–C STRUCTURE FORMED BY THE METHOD OF SELF-
PROPAGATING HIGH-TEMPERATURE SYNTHESIS

In this paper, the mechanism of sintering of powders of iron, titanium and carbon and their basic patterns. The optional charge composition of compounds was found using the iron, titanium and carbon powders. It was proved that for the iron – titanium – carbon synthesis is carried out within the temperature interval of 1080–1200°C with the formation of FeTi, Ti intermetallides.

Keywords: structure, titanium, carbon, iron, samoposhiyuyuchyuy high-temperature synthesis (SHS), sintering, porosity.

Постановка проблеми. На сьогодні, одним із конкурентноспроможних процесів сучасного виробництва є ресурсо- та енергозберігаюча технологія самопоширюючого високотемпературного синтезу (CBC). Це різновид горіння, в якому утворюються цінні тверді матеріали, шляхом переміщення хвилі хімічної реакції у суміші реагентів з утворенням твердих кінцевих продуктів, що призводить до синтезу матеріалів [1–2]. Суть даного процесу полягає у здатності порошкоподібних елементів, речовин, газів (шихтових сумішей, пресовок) у визначених вмістах загорятися при локальному нагріві.

Аналіз структури виробництва та споживання конструкційних та інструментальних матеріалів для виготовлення ріжучих та штампових інструментів або для виготовлення деталей машин, що працюють в умовах інтенсивного стирання показують, що домінуючу роль займають високолеговані інструментальні сталі і тверді сталі – композиційні матеріали на основі заліза, карбідів, нітридів, карбонітридів тугоплавких металів з металевою зв'язкою, в якості якої використовується головним чином кобальт, нікель та молібден. Однак, зростаючий кожен рік дефіцит вольфрам-, нікель-, та кобальтовмісної сировини, а також відсутність в Україні розроблених родовищ цих стратегічних матеріалів та їх висока вартість на зовнішньому ринку роблять актуальними задачі створення нових та удосконалення існуючих складів безвольфрамових та економнолегованих зносостійких матеріалів.

Таким чином, короткий аналіз проблеми дозволяє зробити висновок, що застосування зазначеного порошкового або композиційного матеріалу допоможе вирішити ряд проблем у цій галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як відомо [3], синтез матеріалів CBC-методом відноситься до процесів твердофазного горіння, яке можна проводити в двох різних один від одного технологічних режимах: в режимі пошарового горіння екзотермічної суміші та в режимі теплового самозагоряння. Кожен з методів має ряд своїх переваг. Однак необхідність правильного підбору оптимальної екзотермічної суміші вихідних реагентів – актуальна задача для даного

методу. Одним з ефективних шляхів зниження собівартості відновлення і зміцнення деталей в якості матеріалу використовують композиційні матеріали на основі заліза, титану і вуглецю.

Метою роботи є дослідження структури та хімічного складу матеріалів системи Fe–Ti–C, отриманої методом самопоширюваного високотемпературного синтезу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Велике значення для одержання якісних виробів має підбір шихтових матеріалів. При виконанні роботи використані матеріали: порошок заліза (марки ПЖ1М1), порошок титану марки (ПТХ7) і лампова сажа П514 (ГОСТ 7885). Першим етапом є приготування порошкових сумішей, з елементарних порошоків Fe, Ti та C, вміст компонентів у вихідній суміші становив 20Fe, 64Ti та 16C, (мас. %) виходячи із співвідношення 20% Fe - 80% TiC.

Всі математичні розрахунки проводилися з використанням пакету програм Microsoft Office Excel 2008.

Розрахунок наважки шихти для пресування проводиться за формулою:

$$G_n = V_n \gamma_{cp} (1 - f) k_1 k_2, \quad (1)$$

де: V_n – об'єм пресовки, що визначають по заданому відношенню $H/d = 0,5...0,8$, d – діаметр пресовки, H – висота пресовки, $H = (0,5...0,8)d$; а $V_n = \pi \cdot d^2 \cdot H / 4$; k_1, k_2 – коефіцієнти, що враховують втрати матеріалу ($k_1 = 1,005...1,01$; k_2 – визначають по вмісту кисню у вихідному матеріалі, зв'язуючих речовин, мастил). γ_{cp} – середня густина багатокомпонентної шихти, що визначається за законом адитивності:

$$\gamma_{cp} = (\gamma_1 \gamma_2 \gamma_3 \dots \gamma_n) / (\gamma_2 \gamma_3 \dots \gamma_n a_1 + \gamma_1 \gamma_3 \dots \gamma_n a_2 + \dots \gamma_1 \gamma_2 \gamma_3 \dots \gamma_n a_{(n-1)}), \quad (2)$$

де: $\gamma_1 \gamma_2 \gamma_3$ – густини окремих компонентів шихти; a_1, a_2, a_3 – масова частка окремих компонентів шихти.

Розрахунок проводили виходячи з таких вихідних даних, що: $d = 30 \text{ мм}$, $H = 20 \text{ мм}$, з заданою вихідною пористістю $f = 0,2$ (20%); приймаючи: $k_1 = 1,001$, $k_2 = 1$.

Отже для суміші системи Fe–Ti–C: $\gamma_{cp}^{Fe-Ti-C} = 3,7527 \text{ г/см}^3$, $G^{Fe-Ti-C} = 47,6153 \text{ г}$, відповідно: $G^{Fe} = 9,5230 \text{ г}$; $G^{Ti} = 30,4737 \text{ г}$; $G^C = 7,6184 \text{ г}$.

Змішування порошоків вихідних реагентів проводиться в лабораторному баночному змішувачі типу «п'яна бочка» у розчині машинного масла і бензину з використанням тіл, що інтенсифікують процес змішування, запобігаючи розшаруванню порошкових компонентів шихти. Змішування триває протягом 1,5 годин, швидкість обертання 60 об/хв. Після змішування порошкова суміш просувалась до повного випаровування залишків масла і бензину.

Пресування вихідної шихти відбувається за допомогою гідравлічного пресу моделі ГП-65, в прес формах з діаметром робочого каналу 30 мм, при навантаженні 500 МПа. Внутрішні стінки прес-форми підлягали змащування машинним мастилом, для зменшення сил внутрішнього тертя. При пресуванні заготовок використовувалася двостороння схема пресування.

Термічний синтез здійснювали при температурі 1200°C з в опору в контейнері з плавким затвором на протязі 1 години [4]. Для захисту заготовок від окислення в процесі нагріву в засипку додавали парафінову стружку, утворюючи при її випаровуванні і термічній деструкції летючі вуглеводи. Після процесу спікання відбувається повільне охолодження зразка.

Металографічні дослідження проводили на мікроскопі ММР-4. Зразки для металографічних досліджень готували за стандартною методикою [5]. З метою отримання чіткого зображення границь зерен шліфи протравлювали 4% H_2SO_4 . За допомогою програми РНОТОМ визначена площинна пористість зразка, яка дорівнює 30%, розміри та форма утворених порів. На рис. 1 наведена структура зразків, спечених методом СВС (до і після травлення).

Із знімка видно: темні області – мартенсит, світлі області – інтерметалід заліза. Структури характеризуються рівномірно розподіленими за розміром карбідними зернами, оточеними прошарками металевої зв'язки. Розмір карбідних зерен складає 0,6-2,0 мкм.

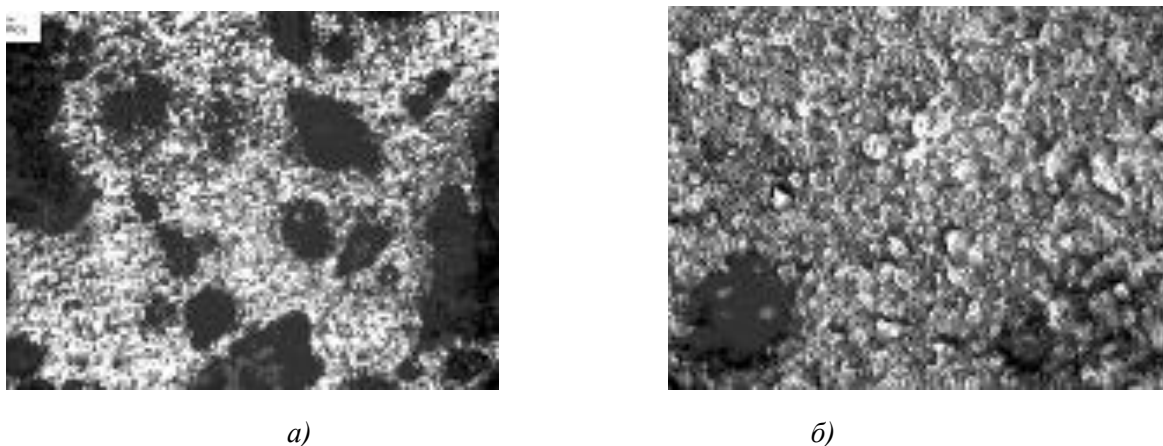


Рис. 1. Мікроструктура зразків, спечених методом СВС (а – до і б – після травлення) х 500

Для підтвердження структури, визначеної металографічним методом, додатково проводили рентгеноструктурний аналіз. Дослідження проводили на рентгеноструктурному дифрактометрі загального призначення ДРОН-4-13 в кобальтовому K_{α} – випромінюванні при напрузі $U = 30\text{кВ}$, силі струму $I = 17\text{мА}$, без фільтру, з використанням фокусування трубки по схемі Бреґга-Брентано. Сканування з кроком $0,05^{\circ}$ при витримці в точці 4с. На рис. 2 наведені дифрактограми дослідження для системи Fe–Ti–C.

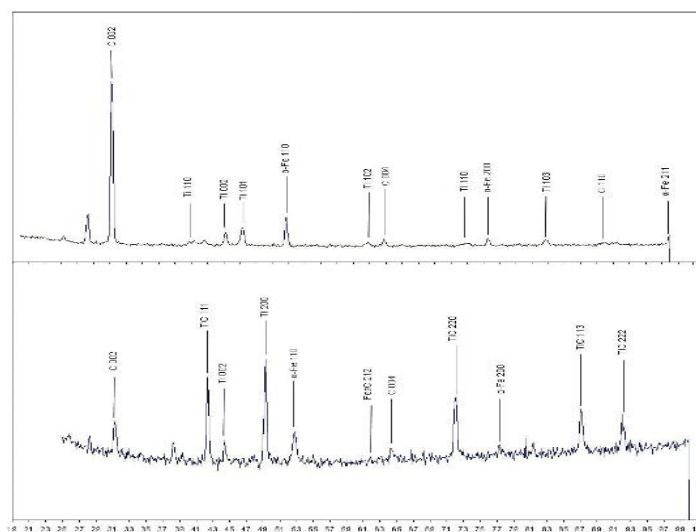


Рис. 2. Дифрактограми вихідної порошкової суміші та синтезованого композиту системи Fe–Ti–C, відповідно

Детальне вивчення мікроструктур показало, що при структуроутворенні має місце акомодация карбідних зерен в місцях їх зближення, причому металевий прошарок між зернами зберігається і в структурі, практично не спостерігається зрощення карбідних зерен. Карбідні зерна рівномірно розподілені по об'єму і відносно однорідні за розміром.

Рентгенівський аналіз сплавів показав наявність в сплаві фаз: у системі Fe–Ti–C: основа TiC, проте присутня незначна кількість Fe, що не прореагував, Ti і C, відмічена наявність цементиту.

Слід зазначити, що схожість зовнішнього вигляду одержуваних при реакційному спіканні зразків із зразками карбіду титану, синтезованими із застосуванням методу СВС, і подібність об'єктів досліджень приводить до необхідності враховувати основні принципи відомих моделей СВС-процесів [6, 7], вивчених, зокрема, в роботах А.Г. Мержанова.

Висновки. Розглянуто основні закономірності, за яких відбувається СВС-процес. Із даних зображень видно характерні піки утворення інтерметалідів та флюмінідів заліза. Таким чином, можна зробити висновки про те, що процес структуроутворення відбувається в залежності як від якісних та кількісних складових вихідних реагентів порошкової суміші, так і від технології

проведення синтезу, що суттєво впливає на фізико-хімічні властивості отриманого інтерметаліда. Досліджено, що для системи залізо – титан – вуглець (Fe–Ti–C) синтез здійснюється в інтервалі температур від 1080–1200°C з утворенням інтерметалідів FeTi і Ti.

Отже, запропонована технологія та застосування порошкових зносостійких і конструкційних матеріалів на основі заліза свідчить про актуальність і доцільність розробки нових економно-легованих сплавів для роботи в умовах підвищених навантажень і інтенсивної стираючої дії, а також ефективних маловідхідних технологій їх виготовлення з метою забезпечення заданого комплексу властивостей.

1. Mechanical alloying in SHS research / F. Bernard, E.Gaffet // International Journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis. – 2001. – № 10. – P. 109-132.
2. Мержанов А.Г. // Фундаментальные и прикладные проблемы СВС: Материалы научного семинара (29-30 сентября 2009 г., г. Томск, Россия). – Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2009. – С. 93-109.
3. Л.И. Зарубицкая, Ю.В. Коробка. Структура и некоторые свойства электролитических порошков интерметаллидов титана с железом // Порошковая металлургия, (3), 2001. – С. 1-3.
4. Спекание порошковых материалов без использования проточных газовых сред: (обзор) / Л. А. Сосновский, Г. А. Баглюк, И. Г. Слысь // Порошковая металлургия. – 2010. – № 11/12. – С. 140-149.
5. Касимцев А. В. Фазовые и структурные превращения при получении порошков интерметаллидов / А. В. Касимцев, В. В. Жигунов // Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2009. – № 3. – С. 5-12.
6. Rud' V. D. Definition of quality of drinking water using modern information technology / V. D. Rud', N. M. Gulieva // Actual Problems of Economics.: Scientific economic journal. Kyiv, 2014. – С. 481-488.
7. Карбид титана, полученный методом СВС высокоэффективный абразивный материал / А.Г. Мержанов, Г. Г. Карюк, И. П. Боровинская и др. // Порошковая металлургия. – 1981. – № 10. – С. 51-55.

Стаття надійшла до редакції 07.12.2015.