

УДК 546:548.736.3

## РОЗЧИННІСТЬ Mn У БІНАРНІЙ СПОЛУЦІ Ti<sub>2</sub>Co ПРИ 1 070 К

Н. Хмель<sup>1,2</sup>, Г. Дмитрів<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка,  
вул. Кирила і Мефодія, 6, 79005 Львів, Україна

<sup>2</sup>Медичне училище "Медик",  
вул. Поліщука, 76, 79015 Львів, Україна  
e-mail: natali.hmel@gmail.com

Методами рентгенівського фазового та структурного аналізів сплавів у системі Ti–Co–Mn при 1 070 К виявлено існування розчинності Mn в бінарній сполуці Ti<sub>2</sub>Co. З'ясовано, що у сплаві складу Ti<sub>70</sub>Co<sub>20</sub>Mn<sub>10</sub> атоми Mn заміщують атоми Co в положенні 32e, а в сплаві складу Ti<sub>60</sub>Co<sub>30</sub>Mn<sub>10</sub> атоми Mn заміщують атоми Ti в положенні 48f.

*Ключові слова:* сплави, твердий розчин, рентгенофазовий аналіз, титан, кобальт, манган.

Вивчення систем титану з перехідними металами є дуже важливим з погляду щодо пошуку нових конструкційних матеріалів з огляду на високу міцність, корозійну стійкість таких сплавів [1]. Окремо можна виділити систему Ti–Co–Ni, сплави якої, що мають властивість “ефекту пам’яті”, широко використовують у медицині. Їх можна застосувати в міжзап’ястних, ліктьових, плечових, гомілковостопних і колінних суглобах; з них виготовляють затискачі для защемлення слабких вен, штучні м’язи, які приводять у дію електричним струмом; кріплення, призначені для фіксації протезів на кістках; стрижні для корекції хребта в разі сколіозу; тимчасові фіксувальні елементи в разі імплантації штучного кришталіка; оправу для окулярів; ортопедичні імпланти; ортодонтичну дугу для виправлення зубного ряду [2].

Поряд з цим майже немає даних про взаємодію компонентів у потрібній системі Ti–Co–Mn. Наша мета – дослідження взаємодії компонентів у цій системі за температури 1 070 К.

Методом електродугового плавлення в печі з вольфрамовим електродом і мідним водоохолоджуваним подом в атмосфері очищеного аргону (як гетер використовували губчастий титан) синтезовано 18 потрібних сплавів із наважок чистих металів (не нижче 99,9 мас. % вмісту основного компонента). Гомогенізаційне відпалювання проводили в евакуйованих кварцових ампулах за температури 1 070 К упродовж 720 год з подальшим гартуванням сплавів у холодній воді.

Для фазового аналізу з усіх синтезованих сплавів одержано масиви інтенсивностей на автоматичному порошковому дифрактометрі STOE STADI P (MoK $\alpha$ -випромінювання, кроковий метод знімання,  $5^\circ \leq 2\theta \leq 67^\circ$ , крок сканування –  $0,02^\circ$ , час сканування в одній точці – 8 с).

Унаслідок початкового фазового аналізу синтезованих зразків виявлено, що у сплавах складу Ti<sub>70</sub>Co<sub>20</sub>Mn<sub>10</sub> та Ti<sub>60</sub>Co<sub>30</sub>Mn<sub>10</sub> основною фазою є бінарна сполука

Ti<sub>2</sub>Co [3], однак детальніший аналіз дифрактограм цих двох сплавів довів, що відбувається зміщення положення піків на дифрактограмі Ti<sub>60</sub>Co<sub>30</sub>Mn<sub>10</sub> в бік більших значень кутів 2θ. Це спостереження дало змогу зробити висновок про утворення протяжного твердого розчину Мангану в бінарній сполуці Ti<sub>2</sub>Co. Бінарна сполука Ti<sub>2</sub>Co, на основі якої утворюється твердий розчин, кристалізується в структурному типі Ti<sub>2</sub>Ni (ПГ *Fd-3m*, *a* = 11,33 Å). На рис. 1 показано елементарну комірку та координаційні багатогранники атомів у структурі цієї сполуки.

Кристалічну структуру твердого розчину у сплавах складу Ti<sub>70</sub>Co<sub>20</sub>Mn<sub>10</sub> та Ti<sub>60</sub>Co<sub>30</sub>Mn<sub>10</sub> уточнено методом порошку з використанням програми FullProf [4]. У таблиці наведено результати уточнення кристалічної структури твердого розчину Mn в Ti<sub>2</sub>Co для обох сплавів.

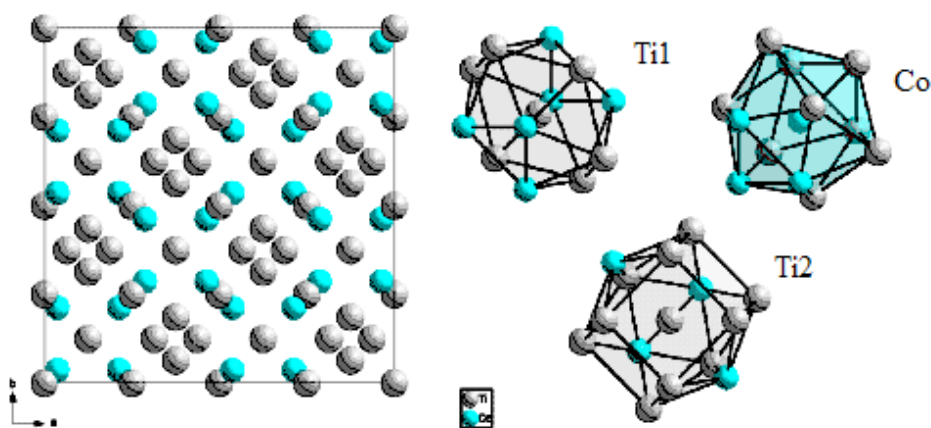


Рис. 1. Проекція елементарної комірки та координаційні багатогранники атомів у структурі сполуки Ti<sub>2</sub>Co

Результати уточнення кристалічної структури твердого розчину Mn в Ti<sub>2</sub>Co для сплавів Ti<sub>70</sub>Co<sub>20</sub>Mn<sub>10</sub> та Ti<sub>60</sub>Co<sub>30</sub>Mn<sub>10</sub>

Ti <sub>70</sub> Co <sub>20</sub> Mn <sub>10</sub> ( <i>a</i> = 11,3602(2) Å), R <sub>B</sub> = 7,5						
Атом	ПСТ	<i>x/a</i>	<i>y/b</i>	<i>z/c</i>	<i>B</i> <sub>130</sub> , нм <sup>2</sup>	Заселеність, ат, %
Mn	32 <i>e</i>	0,2864(1)	0,2864(1)	0,2864(1)	0,0069(6)	Co 79(1), Mn 21(1)
Ti1	16 <i>c</i>	0	0	0	0,010(1)	100
Ti2	48 <i>f</i>	0,9380(2)	1/8	1/8	0,0048(5)	100
Ti <sub>60</sub> Co <sub>30</sub> Mn <sub>10</sub> ( <i>a</i> = 11,3405(4) Å), R <sub>B</sub> = 9,2						
Атом	ПСТ	<i>x/a</i>	<i>y/b</i>	<i>z/c</i>	<i>B</i> <sub>130</sub> , нм <sup>2</sup>	Заселеність, ат, %
Co	32 <i>e</i>	0,2862(2)	0,2862(2)	0,2862(2)	0,0039(7)	100
Ti1	16 <i>c</i>	0	0	0	0,009(1)	100
Ti2	48 <i>f</i>	0,9381(3)	1/8	1/8	0,0098(8)	Ti 93(1), Mn 7(1)

На рис. 2 зображено теоретичний, експериментальний та різницю між експериментальним і теоретичним профілями дифрактограми сплавів складу Ti<sub>70</sub>Co<sub>20</sub>Mn<sub>10</sub> (*a*) та Ti<sub>60</sub>Co<sub>30</sub>Mn<sub>10</sub> (*б*).

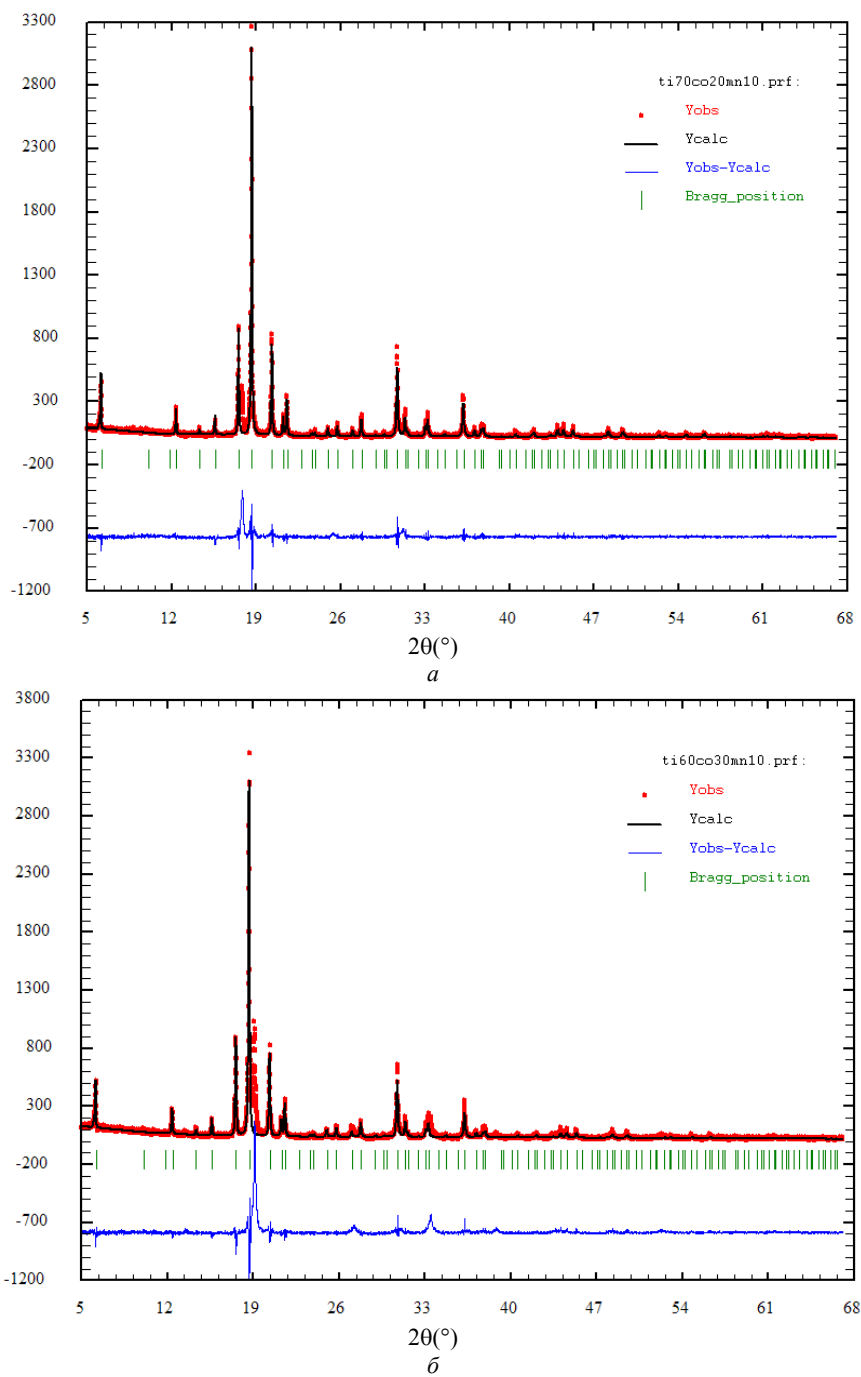


Рис. 2. Теоретичний, експериментальний та різниця між експериментальним і теоретичним профілями дифрактограми сплавів складу  $\text{Ti}_{70}\text{Co}_{20}\text{Mn}_{10}$  (a) та  $\text{Ti}_{60}\text{Co}_{30}\text{Mn}_{10}$  (б)

Як бачимо з рис. 2, обидва сплави  $Ti_{70}Co_{20}Mn_{10}$  та  $Ti_{60}Co_{30}Mn_{10}$  містять незначні домішки неідентифікованих фаз.

Аналіз заселеності статистичних сумішей у положеннях 32e в сплаві  $Ti_{70}Co_{20}Mn_{10}$  та 48f в сплаві  $Ti_{60}Co_{30}Mn_{10}$  свідчить про те, що твердий розчин Mn у бінарній сполуці  $Ti_2Co$  на ізотермічному перетині системи Ti–Co–Mn при 1 070 K матиме складну форму, оскільки простежується заміщення атомами магнію атомів як титану, так і кобальту. У сплаві  $Ti_{70}Co_{20}Mn_{10}$ , у якому відбувається заміна атомів меншого розміру (Co) на атоми більшого розміру (Mn), спостережено зростання періоду ґратки від 11,33 до 11,3602(2) Å, а у сплаві  $Ti_{60}Co_{30}Mn_{10}$ , у якому відбувається заміна атомів більшого розміру (Ti) на атоми меншого розміру (Mn), період зростає значно менше – лише до 11,3405(4) Å. В обох сплавах не утворюються статистичні суміші в положенні 16c, котрі зайняті атомами титану і яким відповідає координаційний багатогранник найменшого розміру (див. рис. 1).

Одним із завдань подальшого дослідження взаємодії компонентів у системі Ti–Co–Mn буде з'ясування меж твердого розчину Mn в бінарній сполуці  $Ti_2Co$ .

1. Коваль Ю. М. Сплави з ефектом пам'яті форми – потужний клас функціональних матеріалів // Наука та інновації. 2005. Т. 1. № 2. С. 80–95.
2. Гюнтер В.Э., Итин В.И., Монасевич Л.А., Паскаль Ю.И. Эффекты памяти формы и их применение в медицине. Новосибирск : Наука, 1992. 742 с.
3. Purdy G.R., Parr J.G. The Composition Range of  $Ti_2Co$  // Trans. Metall. Soc. AIME. 1960. Vol. 218. P. 225–227.
4. Rodriguez-Carvajal J. Program FullProf. 2k (Version 2.90. Sep. 2004. LLB JRC).

## Mn SOLUBILITY IN BINARY COMPOUND $Ti_2Co$ at 1 070 K

N. Hmel<sup>1,2</sup>, G. Dmytriv<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ivan Franko National University of Lviv,  
Kyryla & Mefodiya Str., 6, 79005 Lviv, Ukraine

<sup>2</sup>Medical school "Medic"  
Polishchuk Str., 76, 79015 Lviv, Ukraine  
e-mail: natali.hmel@gmail.com

The limited solid solution of Mn in the binary compound  $Ti_2Co$  has been investigated in the Ti–Co–Mn ternary system at 1070 K by X-ray powder diffraction. Found that Mn atoms substitute Co atoms in the 32e wyckoff position in the alloy with composition  $Ti_{70}Co_{20}Mn_{10}$  and Ti atoms in the 48f wyckoff position in the alloy with composition  $Ti_{60}Co_{30}Mn_{10}$ .

*Key words:* alloys, solid solution, X-ray analysis, titanium, cobalt, manganese.

**РАСТВОРИМОСТЬ Mn В БИНАРНОМ СОЕДИНЕНИИ Ti<sub>2</sub>Co ПРИ 1 070 К****Н. Хмель<sup>1,2</sup>, Г. Дмитрів<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Львовский национальный университет имени Ивана Франко,  
ул. Кирилла и Мефодия, 6, 79005 Львов, Украина*

<sup>2</sup>*Медицинское училище "Медик",  
ул. Полищука, 76, 79015 Львов, Украина  
e-mail: natali.hmel@gmail.com*

Методами рентгеновского фазового и структурного анализов сплавов в системе Ti–Co–Mn при 1 070 К обнаружено существование растворимости Mn в бинарном соединении Ti<sub>2</sub>Co. Установлено, что в сплаве состава Ti<sub>70</sub>Co<sub>20</sub>Mn<sub>10</sub> атомы Mn замещают атомы Co в положении 32e, а в сплаве состава Ti<sub>60</sub>Co<sub>30</sub>Mn<sub>10</sub> атомы Mn замещают атомы Ti в положении 48f.

*Ключевые слова:* сплавы, твердый раствор, рентгенофазовый анализ, титан, кобальт, марганец.

Стаття надійшла до редколегії 31.10.2012

Прийнята до друку 26.12.2012