

УДК 546.3-866.711.682

ФАЗОВІ РІВНОВАГИ В СИСТЕМІ Tb–Ni–In ПРИ 870 К

М. Дзевенко, Ю. Тиванчук, Х. Демидова, М. Лукачук, Я. Каличак

*Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Кирила і Мефодія, 6, 79005 Львів, Україна,
e-mail: mashadzev@gmail.com*

Методами рентгенівського порошкового та енергодисперсійного рентгеноспектрального аналізу досліджено взаємодію компонентів та побудовано ізотермічний переріз діаграми стану системи Tb–Ni–In у повному концентраційному інтервалі при 870 К. За температури відпалу в системі утворюється 11 тернарних сполук. Тернарна сполука $TbNi_{1,0-0,50}In_{1,0-1,50}$ має область гомогенності вздовж ізоконцентрати тербію 0,333 а.г. частки. Неперервний ряд твердих розчинів утворюється між сполуками $TbNi_2$ і $TbNi_4In$. На основі сполуки $NiIn$ виявлено існування твердого розчину включення–віднімання $Tb_{0-0,18}NiIn_{1-0,82}$.

Ключові слова: Тербій, Індій, Нікель, тернарна сполука, кристалічна структура, фазові рівноваги.

Дослідження потрійних систем рідкісноземельних металів з 3d-металами, особливо Co, Ni, Cu, та індієм проводять доволі інтенсивно. У цих системах виявлено існування і визначено кристалічну структуру понад двох сотень сполук [1–4]. Ізотермічні перерізи діаграм стану побудовані для багатьох систем міді [4], і їх майже нема для інших металів. Зокрема, з нікелем побудовано ізотермічні перерізи лише для систем Ce–Ni–In [5] та Er–Ni–In [6]. З кобальтом ізотермічні перерізи побудовані для систем Ce–Co–In [7] та Er–Co–In [8] і частково для системи Pr–Co–In [9]. Наша мета – визначення фазових рівноваг та побудова ізотермічного перерізу діаграми стану системи Tb–Ni–In при 870 К, що є продовженням досліджень взаємодії рідкісноземельних металів з Індієм і 3d-металами.

Подвійні системи Tb–Ni [10], Ni–In [11], та Tb–In [12], які обмежують досліджувану потрійну, вивчені досить повно. Для них побудовано діаграми стану та визначено кристалічні структури сполук. Майже всі бінарні фази мають сталий склад, виняток становлять фази Tb_5In_3 , $Ni_{13}In_9$, $\varepsilon(Ni_xIn_{1-x})$, $\delta(Ni_xIn_{1-x})$.

Раніше [13–24] ми та інші автори в системі Tb–Ni–In виявили існування низки тернарних сполук, а саме: $TbNi_9In_2$, $Tb_4Ni_{11}In_{20}$, $TbNi_4In$, $TbNiIn_2$, $Tb_{10}Ni_{9,34}In_{20}$, $TbNiIn$, Tb_2Ni_2In , $Tb_2Ni_{1,78}In$, $Tb_{11}Ni_4In_9$, $Tb_5Ni_2In_4$, $Tb_6Ni_{2,35}In_{0,65}$ та $Tb_{13,82}Ni_{3,36}In_{2,82}$, кристалографічні характеристики яких наведені у табл. 1. Для деяких із них досліджено магнітні властивості. Феромагнітний тип упорядкування мають фази $TbNiIn$ і $TbNi_{0,9}In_{1,1}$ зі структурою типу (СТ) $ZrNiAl$ ($T_c = 70$ і 65 К, відповідно) [25]. Сполука $Tb_2Ni_{1,78}In$ (СТ Mo_2FeB_2) упорядкована антиферомагнітно нижче $T_N = 20,2$ К [26].

Для дослідження системи Tb–Ni–In виготовлено 40 подвійних та потрійних сплавів. Зразки масою до 1 г синтезували електродуговим плавленням шихти з ком-

пактних металів (тербій з вмістом 0,998 мас. частки Tb; нікель – 0,9999 мас. частки Ni, індій – 0,9999 мас. частки In) у відповідних масових співвідношеннях в атмосфері очищеного аргону (гетер – губчастий титан). Втрати під час плавлення не перевищували 1 мас. % для кожного сплаву, тому склад сплавів приймали таким, що дорівнює складу шихти. Одержані зразки відпалювали у вакуумованих кварцових ампулах при 870 К упродовж місяця.

Фазовий аналіз сплавів виконували за рентгенограмами, отриманими на порошкових дифрактометрах (ДРОН-3М та Bruker D8 Advance, $\text{CuK}\alpha$ -випромінювання) порівнянням порошкограм досліджуваних сплавів з порошкограмами відомих бінарних та тернарних сполук і чистих компонентів. Теоретичні інтенсивності рефлексів обчислено за допомогою програми Powder Cell [27]. Для розрахунків порошкових дифрактограм використовували програму FullProf [28]. Окремі сплави досліджували на растровому електронному мікроскопі РЕММА-102-02, обладнаному мікроаналізатором ЕДРС.

За результатами рентгенофазового та, частково, локального рентгеноспектрального (ЕДРС) аналізу побудовано ізотермічний переріз діаграм стану системи Tb–Ni–In при 870 К у повному концентраційному інтервалі (рис. 1). За температури дослідження підтверджено існування відомих з літератури [10–12] бінарних сполук: Tb_2In (СТ Ni_2In), Tb_5In_3 (СТ W_5Si_3), TbIn (СТ CsCl), Tb_3In_5 (СТ Pu_3Pd_5), TbIn_3 (СТ AuCu_3), Tb_3Ni (СТ Fe_3C), Tb_3Ni_2 (СТ Dy_3Ni_2), TbNi (СТ CrB), TbNi_2 (СТ MgCu_2), TbNi_3 (СТ NbBe_3), Tb_2Ni_7 (СТ Gd_2Co_7), TbNi_5 (СТ CaCu_5), $\text{Tb}_2\text{Ni}_{17}$ (СТ $\text{Th}_2\text{Ni}_{17}$), Ni_3In (СТ Ni_3Sn), Ni_2In (СТ Ni_2In), $\epsilon(\text{Ni}_x\text{In}_{1-x})$ (СТ NiAs), $\text{Ni}_{13}\text{In}_9$ (СТ $\text{Ni}_{13}\text{Ga}_9$), NiIn (СТ CoSn), та Ni_2In_3 (СТ Ni_2Al_3).

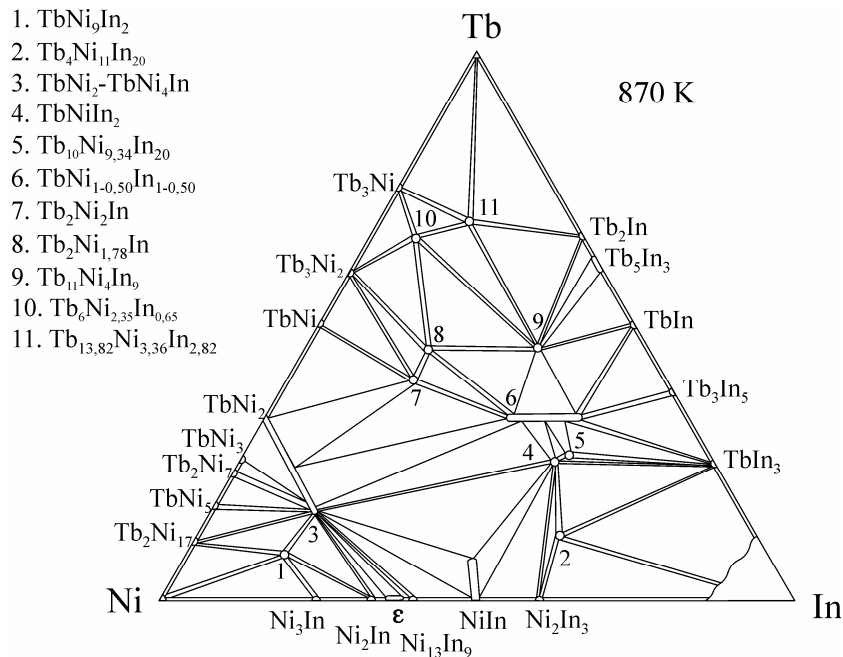


Рис. 1. Ізотермічний переріз діаграми стану системи Tb–Ni–In при 870 К (нумерація сполук збігається з нумерацією в табл. 1)

У відпалених при 870 К зразках із 12 виявлених раніше тернарних сполук підтверджено існування 11, окрім сполуки Tb₅Ni₂In₄ зі СТ Lu₅Ni₂In₄, яка у праці [24] отримана в полікристалічному зразку, відпаленому при 1270 К протягом чотирьох днів. Уточнені параметри комірки підтверджених сполук наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Кристаліграфічні характеристики сполук системи Tb–Ni–In

Номер	Сполука	СТ	Просторова група	Параметри комірки, нм			Літ.
				<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	
1	TbNi ₉ In ₂	YNi ₉ In ₂	<i>P4/mbm</i>	0,8227(1)	-	0,4836(1)	13
2	Tb ₄ Ni ₁₁ In ₂₀	U ₄ Ni ₁₁ Ga ₂₀	<i>C2/m</i>	2,2497(3)	0,4317(1)	1,6565(3)	14
				$\beta=124,60(1)^\circ$			
3	TbNi ₄ In	MgCu ₄ Sn	<i>F</i> $\bar{4} 3m$	0,7034(2)	-	-	15
4	TbNiIn ₂	MgCuAl ₂	<i>Cmcm</i>	0,4321(1)	1,0421(5)	0,7318(2)	16
5	Tb ₁₀ Ni _{9,34} In ₂₀	Ho ₁₀ Ni ₉ In ₂₀	<i>P4/nmm</i>	1,3360(4)	-	0,9102(3)	17
6	TbNi _{1,0-0,5} In _{1,0-1,5}	ZrNiAl	<i>P</i> $\bar{6} 2m$	0,7447(3)- 0,7656(3)	-	0,3801(1)- 0,3777(2)	18
7	Tb ₂ Ni ₂ In	Mn ₂ AlB ₂	<i>Cmmm</i>	0,3921(2)	1,4217(5)	0,3694(2)	19
8	Tb ₂ Ni _{1,78} In	Mo ₂ FeB ₂	<i>P4/mbm</i>	0,7372(3)	-	0,3694(2)	20
9	Tb ₁₁ Ni ₄ In ₉	Nd ₁₁ Pd ₄ In ₉	<i>Cmmm</i>	1,4396(5)	2,1637(5)	0,3626(2)	21
10	Tb ₆ Ni _{2,35} In _{0,65}	Ho ₆ Co ₂ Ga	<i>Immm</i>	0,9365(1)	0,9548(1)	0,9972(1)	22
11	Tb _{13,82} Ni _{3,36} In _{2,82}	Lu ₁₄ Co ₃ In ₃	<i>P4₂/nmc</i>	0,95193(4)	-	2,2903(8)	23
12	Tb ₅ Ni ₂ In ₄	Lu ₅ Ni ₂ In ₄	<i>Pbam</i>	1,7722	0,7866	0,3558	24

Деякі сполуки в досліджуваній системі є близькими за складом і, як наслідок, структурно спорідненими. Наприклад, багаті на вміст нікелю тернарні сполуки TbNi₉In₂ та TbNi₄In мають високі значення координаційних чисел (КЧ) усіх сортів атомів, у тім числі найменшим за розмірами атомам нікелю властива ікосаедрична координація (КЧ = 12). Більшість сполук середини концентраційного трикутника, зокрема TbNiIn₂, TbNiIn, Tb₂Ni₂In, Tb₂Ni_{1,78}In, Tb₁₁Ni₄In₉, є двошаровими вздовж найкоротшого періоду. Їм властиві нижчі значення координаційних чисел усіх сортів атомів, а для нікелю характерним багатогранником є тригональна призма. До двошарових структур належить також порівняно багата на вміст індію сполука Tb₄Ni₁₁In₂₀ з тригонально-призматичною координацією атомів нікелю. Єдиним винятком є сполука Tb₁₀Ni_{9,34}In₂₀ із багатшаровою структурою типу Ho₁₀Ni₉In₂₀ [17], яка за складом близька до сполуки TbNiIn₂ (СТ MgCuAl₂) [16]. Значення координаційних чисел атомів у ній загальною такі, як в інших сполуках цієї групи, а багатогранником атомів нікелю є тетрагональна антипризма і бісфеноїд. Багаті на вміст рідкісноземельного металу сполуки Tb₆Ni_{2,35}In_{0,65} та Tb_{13,82}Ni_{3,36}In_{2,82} є також багатшаровими і мають низькі значення КЧ усіх сортів атомів, у тім числі найменшим за розмірами атомам нікелю властива тригонально-призматична, а атомам індію – ікосаедрична координація (КЧ = 12).

Утворення твердих розчинів на основі бінарних сполук та областей гомогенності тернарних сполук не є характерним для системи Tb–Ni–In. Виняток становлять фаза NiIn, на основі якої утворюється твердий розчин включення–віднімання, сполуки TbNi₂ та TbNi₄In, у яких є взаємозаміщення тербію та індію, і сполука TbNiIn, у якій в межах області гомогенності нікель заміщується на індію.

Кристалічну структуру твердого розчину на основі бінарної сполуки NiIn досліджували методом порошку на прикладі зразка складу Tb_{0,08}Ni_{0,46}In_{0,46}. Деталі експерименту та кристалографічні характеристики фази наведено в табл. 2, а дифрактограма показана на рис. 2,а. Додатково склад зразка уточнено за допомогою ЕДРС аналізу (див. рис. 2,б).

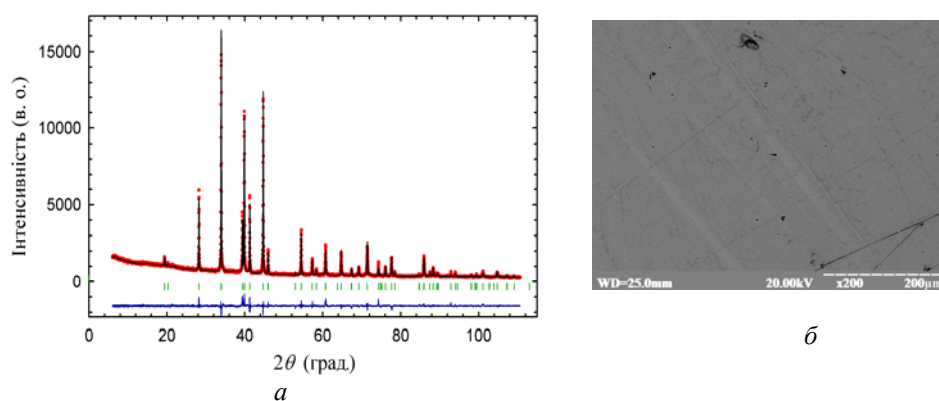


Рис. 2. Експериментальна, розрахункова та різницева дифрактограми (а) та фотографія мікроструктури (б) сплаву Tb_{0,08}Ni_{0,46}In_{0,46}

Таблиця 2

Деталі експерименту та результати обчислення структури фази Tb_{0,18}NiIn_{0,82}

Склад сплаву	Tb _{0,08} Ni _{0,46} In _{0,46}
Склад за ЕДРС аналізом	Tb _{0,08} Ni _{0,49} In _{0,43}
Обчислений склад	Tb _{0,18} NiIn _{0,82}
$D_{\text{об}}$, г/см ³	9,048
Дифрактометр	STOE STADI P
Випромінювання	1,54060 (CuK α_1)
Межі 2θ	6,00-110,625°
Крок, час знімання	0,015°, 40 с
Параметри комірки, нм	$a = 0,52779(1)$; $c = 0,43714(1)$
Об'єм, нм ³	$V = 0,10389(2)$
Корекція на абсорбцію, μ_{Reff}	1,8
Параметри профілю U ; V ; W	0,052(3); 0,019(2); 0,016(2)
Параметри асиметрії P1; P2	0,037(3); 0,0107(6)
Параметр текстури [001]	0,100(3)
Ni (3f) 1/2 0 0	$B_{\text{iso}} = 0,004(1)$ нм ²
In1 (2d) 1/3 2/3 1/2	$B_{\text{iso}} = 0,005(1)$ нм ²
In2 (1a) 0 0 0	$G = 0,72(2)$; $B_{\text{iso}} = 0,009(3)$ нм ²
Tb (2e) 0 0 z	$G = 0,28(2)$; $B_{\text{iso}} = 0,014(6)$ нм ²
R_p ; R_{wp} , %	5,15; 6,98
R_{Bragg} ; R_F , %	4,65; 5,72

Результати розрахунку структури цієї фази засвідчили, що включення атомів тербію відбувається в положення $2e$ ($0\ 0\ z$), у цьому випадку зафіксовано вилучення деякої кількості атомів індію з положення $1a$ ($0\ 0\ 0$). Подібний розподіл атомів простежено також у структурі твердого розчину включення-віднімання $Er_{0-0,12}NiIn_{1-0,89}$ в спорідненій системі з ербієм [6]. Параметри комірки досліджуваної фази в зразку складу $Tb_{0,17}Ni_{0,41}In_{0,42}$ збігаються з відповідними параметрами для зразка $Tb_{0,08}Ni_{0,46}In_{0,46}$. Отже, твердий розчин на основі бінарної сполуки $NiIn$ простягається до 0,08 ат. часток Tb, його склад описує формула $Tb_{0-0,18}NiIn_{1-0,82}$. У межах цього твердого розчину відбувається рівномірне збільшення розмірів комірки (рис. 3).

Спорідненість структур сполук $TbNi_2$ (СТ $MgCu_2$) і $TbNi_4In$ (СТ $MgCu_4Sn$) та близькість розмірів атомів Tb і In (0,178 та 0,166 нм, відповідно, [29]) зумовили можливість утворення неперервного ряду твердих розчинів між цими сполуками, що й підтверджено за допомогою рентгенівського фазового аналізу та ЕДРС аналізу шліфів відповідних зразків. Як бачимо з рис. 3, параметри комірки лінійно зменшуються в разі переходу від бінарної до тернарної сполуки завдяки заміщенню більших за розмірами атомів Tb на менші атоми In. Аналогічна картина простежена в системі $Tm-Ni-In$ [30], а в системі $Er-Ni-In$ при 870 К існує обмежена зустрічна розчинність між відповідними сполуками [5].

Сполука стехіометричного складу зі структурою типу $ZrNiAl$ має область гомогенності від 0,33 до 0,50 ат. часток In (див. рис. 3), а її склад описує формула $TbNi_{1,0-0,50}In_{1,0-1,50}$. У межах області гомогенності цієї сполуки відбувається збільшення об'єму комірки завдяки заміні менших за розміром атомів Ni (0,124 нм [29]) на більші атоми In (0,166 нм), причому зі збільшенням вмісту Індію період a зростає, а c спадає. Формування областей гомогенності $RENi_{1-x}In_{1+x}$ характерне для всіх сполук еквіатомного складу ($RE = Gd-Tm$) зі СТ $ZrNiAl$ [1, 18].

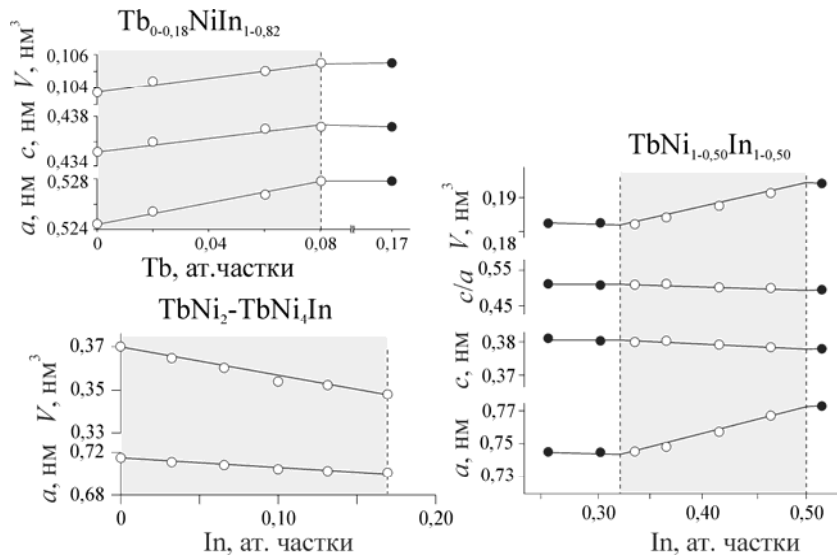


Рис. 3. Зміна періодів і об'єму елементарної комірки фаз $Tb_{0-0,18}NiIn_{1-0,82}$, $TbNi_2-TbNi_4In$ та $TbNi_{1,0-0,50}In_{1,0-1,50}$

Досліджена нами система Tb–Ni–In за характером взаємодії компонентів є досить подібною до дослідженої раніше системи Er–Ni–In. Майже всі тернарні сполуки, які утворюються в цих системах, є ізоструктурними. Сполуки зі структурами типу ZrNiAl та MgCu₄Sn мають області гомогенності в обох системах. Якщо ж порівняти досліджену нами систему зі спорідненою системою Tb–Cu–In, то можна побачити, що вони дещо відмінні. У системі Tb–Cu–In утворюється значно менше тернарних сполук (шість). Спільною рисою споріднених систем RE–{Ni, Cu}–In є існування сполук, які кристалізуються в типах MgCu₄Sn, ZrNiAl, Mo₂FeB₂.

1. *Kalychak Ya.M., Zaremba V.I., Pöttgen R. et al. Rare Earth-Transition Metal-Indides / Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths // Eds. K. A. Gschneider Jr., J.-C. Bünzli, V. K. Pecharsky. Amsterdam: Elsevier, 2004. Vol. 34. Ch. 218. P. 1–133.*
2. *Kalychak Ya.M. Composition and structure peculiarities of Rare–Earth–Ni–In systems compounds // J. Alloys. Compd. 1997. Vol. 262–263. P.17–21.*
3. *Kalychak Ya.M. Composition and crystal structure of Rare-Earth-Co-In compounds // J. Alloys. Compd. 1999. Vol. 291. P. 80–88.*
4. *Калычак Я.М. Изотермические сечения диаграмм состояния и кристаллические структуры соединений систем РЗМ–Cu–In // Изв. РАН. Металлы. 1998. №4. С. 110–118.*
5. *Каличак Я.М. Взаємодія компонентів в системі Ce–Ni–In // Укр. хім. журн. 1998. Т. 64, № 7. С. 15–20.*
6. *Dzevenko M., Tyvanchuk Yu., Bratash L. et al. Ternary system Er–Ni–In at T = 870 K // J. Solid State Chem. 2011. Vol. 184, Is. 10. P. 2707–2712.*
7. *Каличак Я.М. Система Ce–Co–In // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. хім. 1999. Вип. 38. С. 70–73.*
8. *Dzevenko M., Hanyuk A., Tyvanchuk Yu., Kalychak Ya. Phase equilibria in the Er–Co–In system and crystal structure of Er₈CoIn₃ compound // Cent. Eur. J. Chem. 2013. Vol. 11. N 4. P. 604–609.*
9. *Gabay A.M., Hadjipanayis G.C. Phases and phase equilibria in cobalt-rich Pr–Co–In alloys for permanent magnets // J. Alloys. Compd. 2010. Vol. 500. P. 161–166.*
10. *Yao Q., Wang Y., Zhou H. Phase diagram of the Tb–Ni binary system // J. Alloys. Compd. 2005. Vol. 395. P. 98–100.*
11. *Okamoto H. In–Ni (Indium–Nickel) // J. Phase Equilibria. 1999. Vol. 20. N 5. P. 540.*
12. *Yatsenko S.P., Semyanikov A.A., Shakarov H.O., Fedorova E.G. Phase Diagrams of Binary Rare Earth Metal–Indium // J. Less-Common Met. 1983. Vol. 90. N 1. P. 95–108.*
13. *Каличак Я.М., Аксельруд Л.Г. Заремба В.І., Бараняк В.М. Кристалічна структура сполук RNi₉In₂ (R = Y,La,Ce,Pr,Nd,Sm, Eu,Gd,Tb,Dy,Ho,Er) // Доп. АН УРСР. Сер. Б. 1984. № 8. С. 37-39.*
14. *Tyvanchuk Yu.B., Rodewald U. Ch., Kalychak Ya. M., Pöttgen R. Rare earth-nickel-indides Dy₅Ni₂In₄ and RE₄Ni₁₁In₂₀ (RE = Gd, Tb, Dy) // J. Solid State Chem. 2008. Vol. 181, N 4. P. 878–883.*
15. *Заремба В.І., Бараняк В.М., Калычак Я.М. Кристаліческая структура соединений РЗМNi₄In // Вестн. Львов. ун-та. Сер. хим. 1984. Вып. 25. С. 18–19.*
16. *Заремба В.І., Захарко О.Я., Каличак Я.М., Бодак О.І. Кристалічна структура сполук RNiIn₂ (R=Y,Gd,Tb,Dy) і CaNiIn₂ // Доп. АН УРСР. Сер. Б. 1987. № 12. С. 44–46.*

17. Zaremba V.I., Muts I.R., Rodewald U.Ch. et al. Synthesis and structures of $RE_{10}Ni_{9+x}In_{20}$ ($RE = Tb, Dy$) and $YbNiIn_2$ // *Z. Anorg. Allg. Chem.* 2004. Vol. 630. P. 1903–1907.
18. Kalychak Ya.M., Zaremba V.I., Tyvanchuk Yu.B. The solid solutions with ZrNiAl structure type in the R–Ni–In system // Sixth International Conference on Crystal chemistry of intermetallic compounds. Lviv (Ukraine), 1995. P. 77.
19. Заремба В.И., Брусков В.А., Завалий П.Ю., Калычак Я.М. Кристаллическая структура соединений R_2Ni_2In ($R=Y, Sm, Gd, Tb, Ho, Er, Tm, Lu$) // *Изв. АН СССР. Неорганические материалы.* 1988. Т. 24, № 3. С. 409–411.
20. Калычак Я.М., Заремба В.И., Бараняк В.М. и др. Кристаллическая структура соединений R_2Ni_2In , $R_2Ni_{2-x}In$ и R_2Cu_2In ($R = La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Lu, Y$) // *Изв. АН СССР. Неорганические материалы.* 1990. Т. 26, № 1. С. 94–96.
21. Pustovoychenko M., Tyvanchuk Yu., Hayduk I., Kalychak Ya. Crystal structure of the $RE_{11}Ni_4In_9$ compounds ($RE = La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Tb$ and Y) // *Intermetallics.* 2010. Vol. 18. P. 929–932.
22. Dominyuk N., Galadzhun Ya. V., Pavlosyuk O. et al. $RE_6Ni_{2+x}In_{1-x}$ ($RE = Gd-Tm$) – new representatives of Ho_6Co_2Ga structure type // *Book of Abstr. XVIIth Intern. Sem. on Physics and Chemistry of Solids.* Bystre (Poland), June 12–15, 2011. P. 52.
23. Lukachuk M., Galadzhun Y.V., Zaremba R.I. et al. New rare earth metal-rich intermetallics $RE_{14}Ni_3In_3$ ($RE = Sc, Y, Gd-Tm, Lu$) – synthesis and crystal chemistry // *J. Solid State Chem.* 2005. Vol. 178. P. 2724–2733.
24. Provino A., Mudryk Y., Paudyal D. et al. Crystal structure of $Tb_5Ni_2In_4$ and $Y_5Ni_2In_4$, and magnetic properties of $Dy_5Ni_2In_4$ // *J. Appl. Phys.* 2012. Vol. 111. P. 07E122-3.
25. Tyvanchuk Yu.B., Kalychak Ya.M., Gondek Ł. et al. Magnetic properties of $RNi_{1-x}In_{1+x}$ ($R=Gd-Er$) compounds // *J. Magn. Magn. Mater.* 2004. Vol. 277. P. 368–378.
26. Tyvanchuk Yu., Baran S., Jaworska-Golab T. et al. Structural chemistry and magnetic properties of $R_2Ni_{2-x}In$ ($R = Gd-Er, x = 0.22$ or 0.3) compounds // *Acta Physica Polonica A*, 2012. Vol. 121. N 3. P. 678–681.
27. Kraus W., Nolze G. *Powder Cell For Windows.* Berlin, 1999.
28. Rodriguez-Carvajal J. Recent developments of the program FULLPROF // *Commission on Powder Diffraction. Newsletter.* 2001. Vol. 26. P. 12–19.
29. Эмсли Дж. *Элементы.* М.: Мир, 1993.
30. Lukachuk M., Kalychak Ya.M., Nilges T., Pöttgen R. On the Solid Solutions $Eu_{1-x}Pt_2In_x$, $Gd_{1-x}Pt_2In_x$ and $Tm_{1-x}Ni_2In_x$ // *Z. Naturforsch.* 2005. Vol. 60b. P. 393–397.

PHASE EQUILIBRIA IN Tb–Ni–In SYSTEM AT 870 K**M. Dzevenko, Yu. Tyvanchuk, Ch. Demidova, M. Lukachuk, Ya. Kalychak**

*Ivan Franko National University of Lviv,
Kyryla & Mefodiya Str., 6, 79005 Lviv, Ukraine,
e-mail: mashadzev@gmail.com*

Interaction of the components in Tb–Ni–In system was investigated by X-ray powder and EDX methods and isothermal section of phase diagram was constructed at 870 K in full concentration range. Eleven ternary compounds exist in the system at the temperature of annealing. Ternary compound $\text{TbNi}_{1.0-0.50}\text{In}_{1.0-1.50}$ form homogeneity region across the section 33.3 at. % Tb. TbNi_4In forms a continuous series of solid solutions with TbNi_2 . The existence of the including-substitution type of solid solution base of NiIn compound was found.

Key words: terbium, indium, nickel, ternary compound, crystal structure, phase equilibrium.

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В СИСТЕМЕ Tb–Ni–In ПРИ 870 К**М. Дзевенко, Ю. Тыванчук, Х. Демидова, М. Лукачук, Я. Калычак**

*Львовский национальный университет имени Ивана Франко,
ул. Кирилла и Мефодия, 6, 79005 Львов, Украина,
e-mail: mashadzev@gmail.com*

Методами рентгеновского порошкового и ЕДРС анализов исследовано взаимодействие компонентов и построено изотермические сечения диаграм состояния системы Tb–Ni–In в полном концентрационном интервале при 870 К. При температуре отжига в системе образуется 11 тернарных соединений. Тернарное соединение $\text{TbNi}_{1.0-0.50}\text{In}_{1.0-1.50}$ имеет область гомогенности вдоль изоконцентраты 0,333 ат. доли тербия. Непрерывный ряд твердых растворов образуется между соединениями TbNi_2 и TbNi_4In . Также обнаружено существование твердого раствора включения–отнимания на основе соединения NiIn.

Ключевые слова: тербий, индий, никель, тернарное соединение, кристаллическая структура, фазовые равновесия.

Стаття надійшла до редколегії 22.10.2013
Прийнята до друку 19.12.2013