

<https://doi.org/10.15407/dopovidi2020.06.030>

УДК 538.911; 539.261; 544.344.015.35; 546.82; 546.62; 546.681.

Н.М. Білявина, О.І. Наконечна, А.М. Курилюк, В.А. Макара

Київський національний університет ім. Тараса Шевченка

E-mail: les@univ.kiev.ua

Ізотермічний переріз діаграми стану системи $Ti-Al-Ga$ при $850\text{ }^{\circ}C$

Представлено членом-кореспондентом НАН України В.А. Макарою

В повному концентраційному інтервалі методом електродугової плавки виготовлені сплави подвійних базисних систем $Ti-Al$ і $Ti-Ga$, а також сплави потрійної системи $Ti-Al-Ga$. З використанням методу рентгенівської порошкової дифрактометрії вивчено фазовий склад відпалених при $850\text{ }^{\circ}C$ сплавів, в результаті чого підтверджено літературні відомості про існування при температурі відпалу сплавів чотирьох алюмінідів титану (Ti_3Al , $TiAl$, $r-TiAl_2$, $TiAl_3$), восьми галідів титану (Ti_3Ga , Ti_2Ga , Ti_5Ga_3 , Ti_5Ga_4 , $TiGa$, Ti_2Ga_3 , $TiGa_2$ й $TiGa_3$), а також показана відсутність утворення потрійних сполук. Встановлено, що ізоструктурні сполуки $TiAl-TiGa$, $TiAl_2-TiGa_2$ та $TiAl_3-TiGa_3$ утворюють в системі $Ti-Al-Ga$ неперервні ряди твердих розчинів, а на основі подвійних галідів Ti_2Ga_3 , Ti_5Ga_4 та Ti_2Ga існують обмежені тверді розчини, області гомогенності яких витягнені до 15, 6 і 10 ат. % Al відповідно. Неперервні ряди твердих розчинів $Ti(Al,Ga)_3$, $Ti(Al,Ga)_2$, $Ti(Al,Ga)$, обмежені тверді розчини $Ti_2(Ga,Al)_3$, $Ti_5(Ga,Al)_4$, $Ti_2(Ga,Al)$, подвійні сполуки Ti_3Al , Ti_3Ga та твердий розчин на основі $\alpha-Ti$ (до 15 ат. % Al/Ga) формують фазові поля, з урахуванням яких в повному концентраційному інтервалі побудовано ізотермічний переріз діаграми стану системи $Ti-Al-Ga$ при $850\text{ }^{\circ}C$.

Ключові слова: титан, алюміній, галій, ізотермічний переріз діаграми стану, рентгенівська порошкова дифрактометрія..

Відомо, що завдяки хорошим механічним характеристикам (модуль Юнга 100–120 ГПа, 0,2 % границя текучості і границя міцності 700–1100 МПа) багаті на титан сплави системи $Ti-Al$ (до 10 ваг. % Al), які леговані ванадієм, молібденом, оловом, цирконієм тощо, знайшли своє широке застосування як в промисловості при створенні аерокосмічних двигунів, так і в медицині при створенні біосумісних покриттів (зокрема для стоматологічних імплантів) [1]. Щодо вивчення впливу галію на властивості багатих на титан сплавів, то показано, що легування галієм сплавів системи $Ti-Al$ істотно збільшує їх жароміцність [2], а також знижує умовну границю міцності на 0,2 % при значенні ударної в'язкості біля 40 Дж/см^2 [3]. Більше того, легуванням галієм титановим сплавам притаманні хороші бак-

Цитування: Білявина Н.М., Наконечна О.І., Курилюк А.М., Макара В.А. Ізотермічний переріз діаграми стану системи $Ti-Al-Ga$ при $850\text{ }^{\circ}C$. *Допов. Нац. акад. наук Укр.* 2020. № 6. С. 30–36. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2020.06.030>

терицидні властивості. Так, за рахунок високої антибактеріальної активності Ga у відношенні до багаторезистентного золотистого стафілокока його метаболічна активність зменшується на 80 % [4].

Таким чином, дослідження сплавів титану з алюмінієм та галієм актуальне та має практичний інтерес. Проте розширення номенклатури нових матеріалів на основі цих сплавів передусім базується на наявних даних про характер фазових рівноваг у відповідній системі. Раніше в системі Ti–Al–Ga досліджувалися лише багаті на титан сплави або інші сплави окремих складів [5, 6], в результаті чого було показано існування при високих температурах неперервних рядів твердих розчинів між ізоструктурними сполуками TiAl і TiGa типу CuAl та Ti_3Al і Ti_3Ga типу Mg_3Cd [6], а також встановлена значна розчинність алюмінію й галію в α -Ti (900 °C) та β -Ti (1000 °C) [5].

Метою даної роботи було рентгенівське дослідження сплавів та побудова в повному концентраційному інтервалі ізотермічного перерізу діаграми стану системи Ti–Al–Ga при 850 °C.

Сплави для експериментального дослідження було виготовлено методом електродугової плавки в середовищі очищеного аргону з галію ГЛ1000 (99,999 %), електролітичного алюмінію (99,99 %) та йодованого титану (99,8 %). Виплавлені сплави запаювали в вакуумовані та заповнені очищеним аргоном кварцові ампули і відпалювали при температурі 850 °C у муфельних печах протягом 1500 год. Після відпалу сплави гартували у холодній воді без розбивання ампул.

Фазові рівноваги в системі Ti–Al–Ga та кристалічна структура ідентифікованих сполук досліджували методами рентгенівського фазового та рентгеноструктурного аналізів. Дифрактограми порошків досліджуваних сплавів одержували на мідному фільтрованому випромінюванні на автоматизованому рентгенівському дифрактометрі ДРОН-3 в дискретному режимі: крок сканування 0,05°, час експозиції у кожній точці 2–5 с.

Для аналізу та інтерпретації отриманих рентгенівських даних було застосовано оригінальний програмний комплекс, який включає в себе повний набір стандартних процедур Рітвелда (первинна обробка дифрактограм методом повнопрофільного аналізу, проведення якісного та кількісного фазового аналізу з використанням бази даних PDF-2, перевірка та уточнення структурних моделей тощо). Більш повну інформацію про

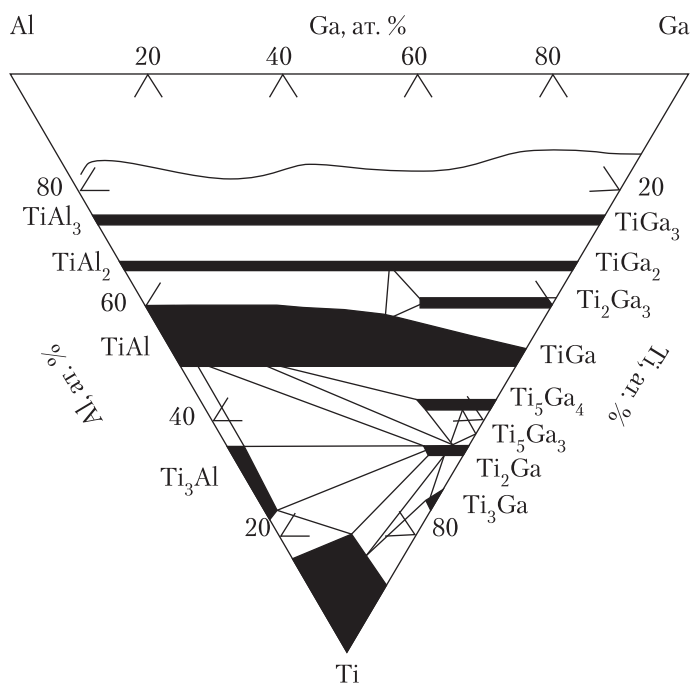


Рис. 1. Склади досліджених сплавів подвійних базисних систем Ti–Al і Ti–Ga та складів досліджених сплавів потрійної системи Ti–Al–Ga

застосовані при дослідженні методики можна отримати на електронному ресурсі www.x-rau.univ.kiev.ua.

Дослідженню сплавів потрійної системи Ti–Al–Ga передувала перевірка літературних відомостей щодо кількості та кристалічних структур сполук, які утворюються в подвійних базисних системах Ti–Al і Ti–Ga при температурі побудови ізотермічного перерізу (850 °C).

Система Ti–Al. В цій системі досліджено 14 литих та відпалених протягом 1500 год при 850 °C сплавів (рис. 1) в областях концентрацій, які згідно з літературними даними відповідають стехіометрії існуючих при цій температурі алюмінідів титану (табл. 1).

В результаті рентгенівського дослідження показано, що всі виготовлені сплави однофазні і містять твердий розчин та основи α -Ti (α -(Ti, Al)), розчинність алюмінію в якому при 850 °C становить 15 ат. % або сполуки Ti_3Al , $TiAl$, r - $TiAl_2$, $TiAl_3$. Інших з зазначених в таблиці сполук, а саме, сполук $Ti_{0,72}Al_{1,28}$, h - $TiAl_2$, h - Ti_5Al_{11} , h - Ti_2Al_5 , $TiAl_3$, Ti_5Al_{11} й Ti_9Al_{23} , в відпалених при 850 °C сплавах не зафіксовано.

Система Ti – Ga. В цій системі досліджено 34 литих і відпалених протягом 150 год при 950 °C та протягом 1500 год при 850 °C сплавів, склади яких наведені на рис.1.

Кристаліграфічні характеристики сполук подвійних систем Ti–Al та Ti–Ga

Сполука	Температура, °C і спосіб утворення ¹⁾	Структурний тип або сингонія	Параметри ґратки, нм			Література
			<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	
Система Ti–Al						
Ti_3Al	1250, <i>Pd</i>	Mg_3Cd	0,5793	–	0,4655	[8, 10]
$TiAl$	1530, <i>L</i>	$CuAu$ I	0,2807	–	0,3970	[8, 10]
$Ti_{0,72}Al_{1,28}$	1445, <i>P</i> -1424, розпл.	Ромб.	0,4026	0,3962	0,4026	[9, 10]
h - $TiAl_2$	1400, <i>P</i>	$ZrGa_2$	1,2088	0,3946	0,4029	[9, 10]
r - $TiAl_2$	1214, <i>S</i>	$HfGa_2$	0,3967	–	2,4297	[9, 10]
h - Ti_5Al_{11}	1416, <i>P</i> -1206, розпл.	$CuAl$	0,3923	–	0,3938	[9, 10]
h - Ti_2Al_5	1215, <i>S</i> -970, розпл.	?	0,3905	–	2,9196	[9, 10]
$TiAl_3$	1340, <i>P</i>	$TiAl_3$	0,3849	–	0,8598	[9, 10]
Ti_5Al_{11}	1400, <i>Pd</i> -950, розпад	Тетр.	0,391	–	1,652	[10]
Ti_9Al_{23}	1400, <i>Pd</i> -950, розпад	Тетр.	0,394	–	3,346	[10]
Система Ti–Ga						
Ti_3Ga	1030, <i>Pd</i>	Mg_3Cd	0,5742	–	0,4635	[11, 12]
Ti_2Ga	1500, <i>L</i>	Ni_2In	0,4514	–	0,5501	[11, 12]
h - Ti_5Ga_3	1425, <i>L</i>	W_5Si_3	1,0222	–	0,5054	[11, 12]
r - Ti_5Ga_3	?, <i>S</i>	Mn_5Si_3	0,7906	–	0,5308	[11, 12]
Ti_5Ga_4	1235, <i>L</i>	Ti_5Ga_4	0,7861	–	0,5452	[11, 12]
$TiGa$	1176, <i>P</i>	$AuCu$ I	0,2807	–	0,3970	[11, 12]
Ti_2Ga_3	1075, <i>Pd</i>	Ti_2Ga_3	0,6284	–	0,4010	[11, 12]
$TiGa_2$	1165, <i>L</i>	$HfGa_2$	0,3929	–	2,437	[11, 12]
$TiGa_3$	925, <i>P</i>	$TiAl_3$	0,3789	–	0,8734	[11, 12]

¹⁾ Спосіб утворення: *L* – з рідкого стану, *P* – за перитектичною реакцією, *Pd* – за перитектоїдною реакцією, *S* – в твердому стані.

В результаті дослідження встановлено, що відпалені при 850 °С сплави зі вмістом 25, 33,3, 37,5, 44,4, 50, 60, 66,6 й 75 ат.% галію практично однофазні та відповідають відомим в літературі сполукам Ti_3Ga , Ti_2Ga , Ti_5Ga_3 , Ti_5Ga_4 , $TiGa$, Ti_2Ga_3 , $TiGa_2$ й $TiGa_3$ відповідно (див. таблицю). Таким чином показано, що фазові рівноваги в потрійній системі Ti–Al–Ga при 850 °С формують усі вісім галідів титану (див. таблицю), а область гомогенності твердого розчину на основі α -Ti (α -(Ti,Ga)) простягається до 12,5 ат. % галію.

Система Ti–Al–Ga. В потрійній системі Ti–Al–Ga досліджено 73 відпалених 1500 год при 850 °С сплавів (багаті на титан сплави попередньо гомогенізували 150 год при 1000 °С) (див. рис. 1). При виборі оптимальних складів сплавів, природно, опиралися на дані про будову діаграм стану подвійних систем Ti–Al і Ti–Ga (див. таблицю), враховуючи наявну ізоструктурність певних подвійних алюмінідів та галідів титану.

В результаті рентгенівського дослідження литих та відпалених при 850 °С сплавів встановлено, що потрійні сполуки при взаємодії алюмінію та галію з титаном не утворюються.

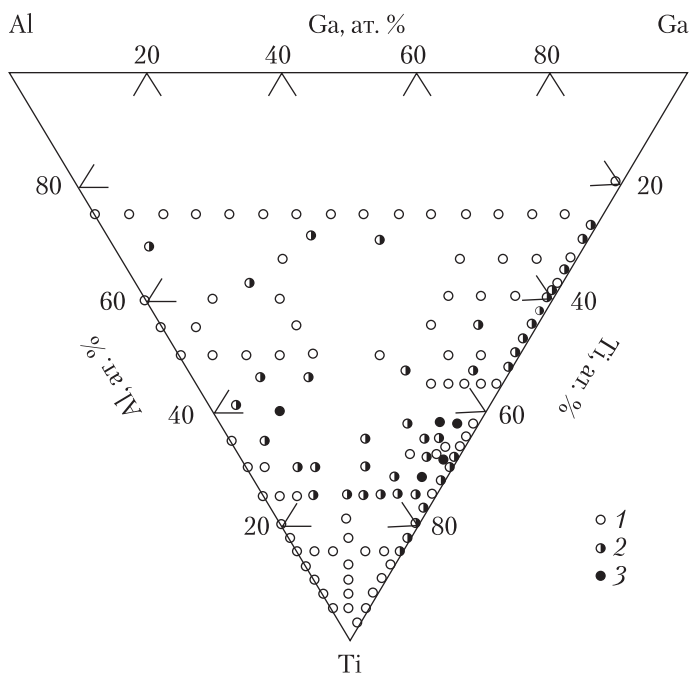
Титановий кут ізотермічного перерізу системи Ti–Al–Ga при 850 °С характеризується широкою областю твердого розчину на основі α -Ti. При цьому, якщо α -титан в подвійних системах Ti–Ga і Ti–Al за нашими даними розчиняє 12,5 ат. % галію та 15 ат. % алюмінію, відповідно, то сумісна розчинність в ньому галію та алюмінію дещо вища.

Згідно з отриманими даними сполуки Ti_3Al і Ti_3Ga при 850 °С третій компонент практично не розчинюють, хоча за даними авторів [6] при більш високих температурах (900–1000 °С) між цими ізоструктурними сполуками в системі Ti–Al–Ga існують неперервні ряди твердих розчинів. Фазовий склад відпалених при 850 °С сплавів з 75 ат. % титану та відпалених сплавів в прилеглий до неї області концентрацій вказує на існування в титановому куті системи таких фазових полів: $Ti_3Al + Ti_2(Ga,Al)$; $Ti_3Al + \alpha$ -(Ti,Al,Ga) + $Ti_2(Ga,Al)$; α -(Ti,Al,Ga) + $Ti_2(Ga,Al)$; $Ti_2(Ga,Al) + Ti_3Ga$; α -(Ti,Al,Ga) + Ti_3Ga .

Результати дослідження відпалених при 850 °С сплавів на ізоконцентраціях 50, 33,3 та 25 ат. % титану показують, що ізоструктурні сполуки $TiAl$ – $TiGa$, $TiAl_2$ – $TiGa_2$ та $TiAl_3$ – $TiGa_3$ (див. таблицю) утворюють неперервні ряди твердих розчинів.

Збільшення в потрійних сплавах періодів ґраток галідів Ti_2Ga_3 , Ti_5Ga_4 та Ti_2Ga свідчить, що на їх основі утворюються обмежені тверді розчини $Ti_2(Ga,Al)_3$, $Ti_5(Ga,Al)_4$ і $Ti_2(Ga,Al)$, області гомогенності яких витягнені вздовж відповідних ізоконцентрат титану до 15, 6 та 10 ат. % Al.

Рис. 2. Ізотермічний переріз діаграми стану системи Ti–Al–Ga при 850 °С



Слід зазначити також, що при температурі відпалу сплавів (850 °С) тверді розчини між ізоструктурними сполуками Ti_3Al-Ti_3Ga в потрійній системі не утворюються, хоча за даними авторів роботи [2] при більш високих температурах (900 та 1000 °С) цим сполукам притаманне утворення неперервних рядів твердих розчинів.

Зазначені вище неперервні ряди твердих розчинів $Ti(Al,Ga)_3$, $Ti(Al,Ga)_2$, $Ti(Al,Ga)$, обмежені тверді розчини $Ti_2(Ga,Al)_3$, $Ti_5(Ga,Al)_4$, $Ti_2(Ga,Al)$, подвійні сполуки Ti_3Al , Ti_3Ga і твердий розчин на основі $\alpha-Ti$ формують фазові поля, з урахуванням яких нами побудовано ізотермічний переріз (850 °С) діаграми стану системи $Ti-Al-Ga$ (рис. 2).

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Froes F.H., Eylon D. Titanium: Physical Metallurgy Processing, and Applications. ASM International. Materials Park. Ohio, 2015. 44073-0002.
2. Глазунов С.Г., Ясинский К.К. Титановые сплавы для авиационной техники и других отраслей промышленности. *Технология легких сплавов*. 1993. Т. 7–8. С. 47–54.
3. Kitashima T., Suresh K.S., Yamabe-Mitarai Y., Iwasaki S. Tensile Strength and Impact Toughness of Gallium-Bearing Near- α Titanium alloys. *Mater. Sci. Forum*. 2014. **783**. P. 619–623.
4. Cochis A., Azzimonti B., Chiesa R., Rimondini L., Gasik M.M. Metallurgical Gallium Additions to Titanium Alloys Demonstrate a Strong Time-Increasing Antibacterial Activity without any Cellular Toxicity. *ACS Biomater. Sci. Eng.* 2019. **5**, № 6. P. 2815–2820.
5. Antonova N.V., Tretyachenko L.A., Velikanova T.Ya., Martsenyuk P.S. TiAl-TiGa section of the Ti-Al-Ga system. *J. Alloys and Compound*. 1998. **264**. P. 167–172. [https://doi.org/10.1016/S0925-8388\(97\)00257-0](https://doi.org/10.1016/S0925-8388(97)00257-0)
6. Глазунов С.Г., Никишов О.А., Солонина О.П., Сорокина Л.В., Ермолова М.И., Тхоревская Ж.Д. Структура и свойства сплавов системы титан-алюминий-галлий. *Технология легких сплавов*. 1974. № 6, С. 37–39.
7. Schuster J.C., Ipser Y. Phases and phase relations in the partial system $TiAl_3-TiAl$. *Z. Metallk.* 1990. **81**, № 6. P. 389–396.
8. Корнилов И.И., Пылаева Е.И., Волкова М.А., Крипякевич П.И., Маркив В.Я. Фазовое строение сплавов двойной системы $Ti-Al$, содержащих от 0 до 30 ат. % Al. *Докл. АН СССР*. 1965. **161**. № 4. С. 843–846.
9. Okamoto H. Al-Ti (Aluminum-Titanium). *J. Phase Equilibria*. 2000. **21**, № 3. P. 311. <https://doi.org/10.1361/105497100770340101>
10. Batalu D., Cosmeleata G., Aloman A. Critical analysis of the Ti-Al phase diagrams. *UPB Sci. Bull., Series B*. 2006. **68**, № 4. P. 77–90.
11. Antonova N.V., Tretyachenko L.A. Phase diagram of the Ti-Ga system. *J. Alloys and Compounds*. 2001. **317–318**. P. 398–405.
12. Okamoto H. Ga-Ti (Gallium-Titanium). *J. Phase Equilibria*. 2002. **23**, № 5. P. 457–458. <https://doi.org/10.1361/105497102770331505>

Надійшло до редакції 12.01.2020

REFERENCES

1. Froes, F. H. (Ed.). (2015). Titanium: Physical Metallurgy, Processing, and Applications eBook. ASM International, Materials Park. Ohio 44073-0002.
2. Glazunov, S. G. & Yasinskij, K. K. (1993). Titanovye splavy dlya aviatsionnoj tekhniki i drugikh otraslej promyshlennosti. *Tekhnologiya legkikh spлавov*, 7-8, pp. 47-54 (in Russian).
3. Kitashima, T., Suresh, K. S., Yamabe-Mitarai, Y. & Iwasaki, S. (2014). Tensile Strength and Impact Toughness of Gallium-Bearing Near- α Titanium alloys. *Materials Science Forum*, 783, pp. 619-623.

4. Cochis, A., Azzimonti, B., Chiesa, R., Rimondini, L. & Gasik, M. M. (2019). Metallurgical Gallium Additions to Titanium Alloys Demonstrate a Strong Time-Increasing Antibacterial Activity without any Cellular Toxicity. *ACS Biomater. Sci. Eng.*, 5, No. 6, pp. 2815-2820.
5. Antonova, N. V., Tretyachenko, L. A., Velikanova, T. Ya., & Martsenyuk, P. S. (1998). TiAl–TiGa section of the Ti–Al–Ga system. *J. Alloys and Compounds*, 264, pp. 167-172. [https://doi.org/10.1016/S0925-8388\(97\)00257-0](https://doi.org/10.1016/S0925-8388(97)00257-0)
6. Glazunov, S. G., Nikishov, O. A., Solonina, O. P., Sorokina, L. V., Ermolova, M. I. & Tkhorevskaya, Zh. D. (1974). Структура і свойства сплавів системи титан-алюміній-галій. *Tekhnologiya legkikh splavov*, No. 6, pp. 37-39 (in Russian).
7. Schuster, J. C. & Ipsier, Y. (1990). Phases and phase relations in the partial system TiAl₃–TiAl. *Z. Metallk.*, 81, No. 6, pp. 389-396.
8. Kornilov, I. I., Py`laeva, E. I., Volkova, M. A., Kripyakevich, P. I. & Markiv, V. Ya. (1965). Fazovoe stroenie spлавov dvojnoj sistemy` Ti–Al, sodержashhikh ot 0 do 30 at. % Al. *Dokl. akad. nauk. SSSR*, 161, No. 4, pp. 843-846 (in Russian).
9. Okamoto, H. (2000). Al–Ti (Aluminum-Titanium). *J. Phase Equilibria*, 21, No. 3, p. 311. <https://doi.org/10.1361/105497100770340101>
10. Batalu, D., Cosmeleata, G. & Aloman, A. (2006). Critical analysis of the Ti-Al phase diagrams. *UPB Sci. Bull., Series B*, 68, No. 4, pp. 77-90.
11. Antonova, N. V. & Tretyachenko, L. A. (2001) Phase diagram of the Ti–Ga system. *Journal of Alloys and Compounds*, 317-318, pp. 398-405. [https://doi.org/10.1016/S0925-8388\(00\)01416-X](https://doi.org/10.1016/S0925-8388(00)01416-X)
12. Okamoto, H. (2002) Ga–Ti (Gallium-Titanium). *J. Phase Equilibria*, 23, No. 5, pp. 457-458. <https://doi.org/10.1361/105497102770331505>

Received 12.01.2020

*Н.Н. Белявина, О.И. Наконечная,
А.Н. Курлюк, В.А. Макара*

Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко
E-mail: les@univ.kiev.ua

ИЗОТЕРМИЧЕСКОЕ СЕЧЕНИЕ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ Ti–Al–Ga ПРИ 850 °C

В полном концентрационном интервале методом электродуговой плавки изготовлены сплавы двойных базисных систем Ti–Al и Ti–Ga, а также сплавы тройной системы Ti–Al–Ga. С использованием метода рентгеновской порошковой дифрактометрии изучен фазовый состав отожженных при 850 °C сплавов, в результате чего подтверждены литературные сведения о существовании при температуре отжига сплавов четырех алюминидов титана (Ti₃Al, TiAl, r-TiAl₂, TiAl₃), восьми галидов титана (Ti₃Ga, Ti₂Ga, Ti₅Ga₃, Ti₅Ga₄, TiGa, Ti₂Ga₃, TiGa₂ и TiGa₃), а также показано отсутствие образования в системе тройных соединений. Установлено, что изоструктурные соединения TiAl–TiGa, TiAl₂–TiGa₂ и TiAl₃–TiGa₃ образуют в системе Ti–Al–Ga непрерывные ряды твердых растворов, в то время как на основе двойных галидов Ti₂Ga₃, Ti₅Ga₄ и Ti₂Ga существуют ограниченные твердые растворы, области гомогенности которых вытянуты до 15, 6 и 10 ат. % Al соответственно. Непрерывные ряды твердых растворов Ti(Al,Ga)₃, Ti(Al,Ga)₂, Ti(Al,Ga), ограниченные твердые растворы Ti₂(Ga,Al)₃, Ti₅(Ga,Al)₄, Ti₂(Ga,Al), двойные соединения Ti₃Al, Ti₃Ga и твердый раствор на основе α-Ti (до 15 ат.% Al/Ga) формируют фазовые поля, с учетом которых в полном концентрационном интервале построено изотермическое сечение диаграммы состояния системы Ti–Al–Ga при 850 °C.

Ключевые слова: титан, алюминий, галлий, изотермическое сечение диаграммы состояния, рентгеновская порошковая дифрактометрия.

*N.N. Belyavina, O.I. Nakonechna,
A.N. Kuryliuk, V.A. Makara*

Taras Shevchenko National University of Kyiv

E-mail: les@univ.kiev.ua

ISOTHERMAL SECTION OF THE Ti–Al–Ga SYSTEM AT 850 °C

Alloys of the Ti–Al and Ti–Ga binary systems, as well as alloys of the Ti–Al–Ga ternary system, are obtained by the arc melting, annealed at 850 °C, and studied by the X-ray powder diffraction method. As a result, the existence of four binary aluminides (Ti_3Al , TiAl , $r\text{-TiAl}_2$, TiAl_3) and eight binary galides (Ti_3Ga , Ti_2Ga , Ti_5Ga_3 , Ti_5Ga_4 , TiGa , Ti_2Ga_3 , TiGa_2 , TiGa_3) at 850 °C is confirmed. It is shown that ternary compounds are not formed through the titanium, aluminum, and gallium interaction. TiAl-TiGa , $\text{TiAl}_2\text{-TiGa}_2$, and $\text{TiAl}_3\text{-TiGa}_3$ isostructural compounds form continuous solid solutions in the Ti–Al–Ga system, while Ti_2Ga_3 , Ti_5Ga_4 , and Ti_2Ga binary galides form extended solid solutions up to 15, 6, and 10 at. % Al, respectively. Following phases are the equilibrium ones in the system: continuous $\text{Ti}(\text{Al,Ga})_3$, $\text{Ti}(\text{Al,Ga})_2$, $\text{Ti}(\text{Al,Ga})$ solid solutions, extended $\text{Ti}_2(\text{Ga,Al})_3$, $\text{Ti}_5(\text{Ga,Al})_4$, $\text{Ti}_2(\text{Ga,Al})$ solid solutions, binary Ti_3Al , Ti_3Ga compounds, as well as the solid solution of the base of α -Ti metal (up to 15 at.% Al/Ga). As a result of this study, the isothermal section (850 °C) of the Ti–Al–Ga system is constructed in the full concentration range.

Keywords: *titanium, aluminum, gallium, isothermal section, X-ray powder diffraction.*