

V. S. Trush

Influence of solid-solution hardening of the surface on mechanical characteristics of the titanium alloy BT1-0

Summary

Experimental results of the research of solid solution hardening influence on fatigue and strength characteristics of titanium alloy BT1-0 have been presented. The range of optimum values of a level of superficial hardening for achievement of the maximal increase of mechanical characteristics of an alloy under different loading conditions is established.

УДК 669.017.11

Фазові рівноваги в системі Ti – Zr – Mn

В. А. Дехтяренко*

Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, Київ



Методом скануючої електронної мікроскопії і енергодисперсійного рентгеноспектрального аналізу вивчено мікроструктуру та встановлено хімічний склад фаз, що утворюються при кристалізації евтектики за реакцією $L \leftrightarrow \beta (Ti, Zr, Mn) + \lambda (Ti, Zr)Mn_{2-x}$ у сплавах системи Ti – Zr – Mn з різним вмістом цирконію.

У системі Ti – Zr – Mn авторами [1, 2] показано існування безперервного ряду твердих розчинів між ізоструктурними сполуками $TiMn_2$ і $ZrMn_2$. У роботах [3, 4] досліджувалися фазові рівноваги в області складів $Ti - TiMn_2 - ZrMn_2 - Zr$. В результаті було побудовано поверхню солідусу титанового кута потрібної системи, проекції поверхонь солідусу і ліквідусу, а також ряд політермічних перетинів [4]. У роботі [5] були представлені діаграми з метастабільними фазами, які формуються у литих припійних матеріалах.

Метою даного дослідження було уточнення положення евтектичної бінодалі в обмеженій області $Ti - TiMn_2 - ZrMn_2 - Zr$ системи Ti – Zr – Mn та встановлення хімічного складу фаз, що утворюються при кристалізації евтектики за реакцією $L \leftrightarrow \beta (Ti, Zr, Mn) + \lambda (Ti, Zr)Mn_{2-x}$.

Для виявлення особливостей зародження та росту евтектичних колоній та визначення складу первинних кристалів і евтектики у сплавах системи Ti-Zr-Mn було вибрано сплави, склад яких наведено у табл. 1.

*Друга премія ім. М.П. Брауна.

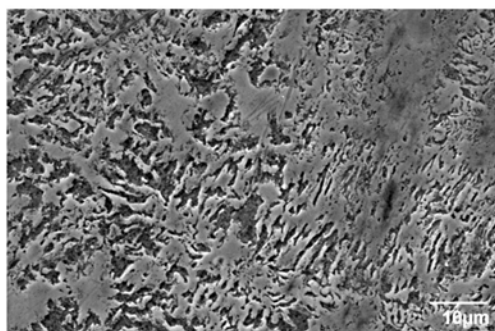
Науковий керівник роботи доктор технічних наук, професор Іванченко В.Г.

Таблиця 1

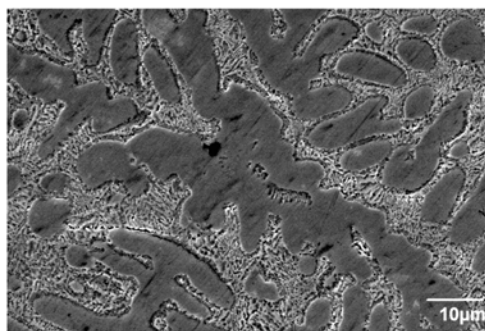
Номинальний склад досліджених сплавів

№	ат. частка, %			мас. частка, %		
	Ti	Zr	Mn	Ti	Zr	Mn
1	58,5	20,0	21,5	48,24	31,42	20,34
2	55,0	20,0	25,0	45,16	31,29	23,55
3	51,5	20,0	28,5	42,11	31,15	26,74
4	49,0	33,3	17,7	36,91	47,79	15,30
5	45,7	33,3	21,0	34,30	47,62	18,08
6	42,0	33,3	24,7	31,39	47,42	21,19
7	21,0	58,5	20,5	13,46	71,46	15,08
8	19,0	56,5	24,5	12,28	69,55	18,17
9	18,0	54,0	28,0	11,76	67,24	21,00

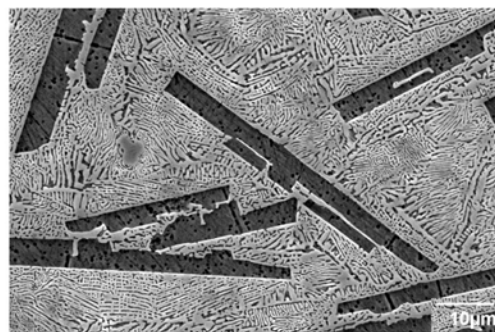
Мікроструктури сплавів представлено на рис. 1 а – в. Евтектика, що складається з твердого розчину та інтерметаліду має скелетну структуру, у якій зароджуючою фазою, що веде евтектичну кристалізацію є інтерметалід $(Ti, Zr)Mn_{2-x}$. Він росте у вигляді розгалуженого остову і утворює арматуру колонії. Керованою фазою є твердий розчин (Ti, Zr, Mn) , який утворює матрицю колонії. Таким чином, як і в більшості систем метал – інтерметалід, фазою, яка зароджує та веде евтектичну кристалізацію є фаза з більш високою ентальпією плавлення та більш високою гетеродесмічністю міжатомних зв'язків. Утворення основи евтектичної колонії та наступний її ріст залишаються типовими для евтектик поліедр-дендрит.



а



б



в

Рис. 1. Мікроструктури литих сплавів. а – евтектичного, б – доевтектичного, в – заевтектичного. а – в – х 1500.

У сплавах, склад яких близький до евтектичного, утворення основи евтектичної колонії відбувається шляхом зародження на поверхні або поблизу базового кристалу інтерметаліду $(Ti, Zr)Mn_{2-x}$ зародку твердого розчину (Ti, Zr, Mn) , який швидко розростається по поверхні базового кристалу, утворюючи плаский дендрит. Це ілюструє рис. 1 а. При цьому відбувається збагачення рідини марганцем, що призводить до проростання інтерметаліду у міжвіттях плаского дендриту та розростанню його по поверхні обідка. Після цього починається кооперативний ріст евтектичної колонії.

У доевтектичних сплавах (рис. 1 б) системи $Ti - Zr - Mn$ утворення основи евтектичної колонії в основному відбувається шляхом зародження базового кристалу інтерметаліду у глибині міжгілкових проміжків дендритів первинних кристалів твердого розчину (Ti, Zr, Mn) , з наступним розростанням по його поверхні плаского кристалу твердого розчину. Форма та напрямок росту базового кристалу повністю обумовлюється умовами на фронті кристалізації, в результаті чого інтерметалід може виходити з міжгілкового простору у вигляді тонких прожилок з наступним розростанням евтектичної колонії в об'єм розплаву. В доевтектичних сплавах утворення базових кристалів може також відбуватися і за межами міжгілкових ділянок. У цьому випадку вони розміром та формою мало чим відрізняються від тих, що утворюються у сплавах евтектичного складу. Послідовність процесів, які призводять до зародження та росту евтектичної колонії, зберігається.

У заевтектичних сплавах (рис. 1 в) системи $Ti - Zr - Mn$ утворення основи евтектичної колонії в основному відбувається шляхом утворення базового кристалу твердого розчину (Ti, Zr, Mn) на поверхні первинних кристалів інтерметаліду $(Ti, Zr)Mn_{2-x}$ через який проростає інтерметалід і далі починається кооперативний ріст обох фаз.

Слід зазначити, що зміна контрасту фаз, що спостерігається на рис. 1 а – в, пов'язана зі зміною їх опосередненої атомної маси в результаті легування цирконієм. В табл. 2 наведено склад окремих фаз та евтектики за даними локального рентгеноспектрального аналізу.

Таблиця 2

Склад окремих фаз та евтектики

Сплав	Сплав (ат. частка, %)			Склад фаз (ат. частка, %)		
	Ti	Zr	Mn	Твердий розчин	Інтерметалід	Евтектика
1	58,5	20,0	21,5	$Ti - 18,86Zr - 12,61Mn$		
2	55,0	20,0	25,0			$Ti - 19,68Zr - 25,53Mn$
3	51,5	20,0	28,5		$Ti - 20,97Zr - 47,54Mn$	
4	49,0	33,3	17,7	$Ti - 38,3Zr - 7,2Mn$		
5	45,7	33,3	21,0			$Ti - 34,8Zr - 21Mn$
6	42,0	33,3	24,7		$Ti - 28,98Zr - 47,88Mn$	
7	21,0	58,5	20,5	$Ti - 79,27Zr - 5,55Mn$		
8	19,0	56,5	24,5			$Ti - 57,24Zr - 24,92Mn$
9	18,0	54,0	28,0		$Ti - 32,08Zr - 48,55Mn$	

За даними локального рентгеноспектрального аналізу, скануючої мікроскопії було уточнено поверхню ліквідусу та солідусу часткової системи $Ti - TiMn_2 - ZrMn_2 - Zr$ яка наведена на рис. 2 а, б.

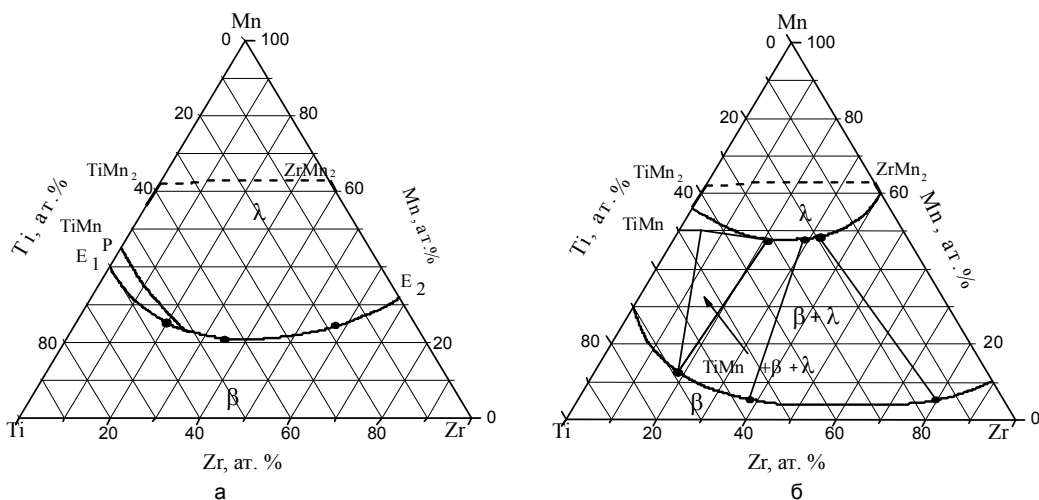


Рис. 2. Уточнена поверхня в обмеженій області Ti – TiMn₂ – ZrMn₂ – Zr системи Ti – Zr – Mn. а – ліквідусу, б – солідусу. λ – (Ti, Zr)Mn₂, β – (Ti, Zr, Mn).

Література

1. Jacob I., Stern A., Moran A. Hydrogen absorption in (Zr_xTi_{1-x})B₂ (B = Cr, Mn) and the phenomenological model for the absorption capacity in pseudo-binary Laves-phase compounds. // J. Less-Common Metals. – 1980. – 73. – P. 369 – 376.
2. Blazina Z., Trojko R. On Friauf-Laves Phases in the Zr_{1-x}Al_xT₂, Zr_{1-x}Si_xT₂ and Zr_{1-x}Ti_xT₂ (T = Mn, Fe, Co) Systems. // J. Less-Common Metals. – 1987. – 133. – P. 277 – 286.
3. Иванченко В.Г., Ничипоренко В.И., Прядко Т.В. Определение поверхности солидуса в титановом угле диаграммы состояния Ti-Zr-Mn. // Металлофизика и новейшие технологии. – 2006. – 28. – С. 977 – 982.
4. Ivanchenko V.G., Pryadko T.V., Gavrylenko I.S. Phase equilibria in the Ti – TiMn₂ – ZrMn₂ – Zr partial system. // Chemistry of metals and alloys. – 2006. – 1. – P. 67 – 72.
5. Хорунов В.Ф., Максимова С.В., Иванченко В.Г. Получение соединений гамма – алюминида титана и исследование его свойств. // Адгезия расплавов и пайка материалов. – 2004. – 37. – С. 88 – 95.

Одержано 27.04.11

В. А. Дехтяренко

Фазовые равновесия в системе Ti – Zr – Mn

Резюме

Методом сканирующей электронной микроскопии и энергодисперсионного рентгеноспектрального анализа изучена микроструктура и установлен химический состав фаз, которые образуются при кристаллизации эвтектики по реакции $L \leftrightarrow \beta(\text{Ti, Zr, Mn}) + \lambda(\text{Ti, Zr})\text{Mn}_{2-x}$ в сплавах системы Ti – Zr – Mn с разным содержанием циркония.

V.A. Dekhtyarenko

Phase equilibrium in Ti–Zr–Mn system

Summary

Microstructure of Ti – Zr – Mn alloys with different Zr content was studied with scanning electron microscopy and energy dispersive X-ray spectral analysis. Chemical composition of phases formed at eutectic crystallization according to $L \leftrightarrow \beta(\text{Ti, Zr, Mn}) + \lambda(\text{Ti, Zr})\text{Mn}_{2-x}$ reaction was determined.