

УДК 669.017:541.1+669.295+669.292

ХИМИЯ

В. В. МОЛОКАНОВ, П. Б. БУДБЕРГ

ФАЗОВОЕ СТРОЕНИЕ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Ti — V

(Представлено академиком Н. В. Агеевым 28 XI 1973)

В настоящее время имеется ряд работ по системе Ti—V, в которых, на основании термодинамических расчетов, сделанных в приближении регулярных растворов с учетом положения известных фазовых границ, показана возможность протекания монотектоидного превращения непрерывного β -твердого раствора с о.ц.к. решеткой^(1, 2). Расчеты авторов работ^(3, 4) также указывают на возможность расслоения β -тв. раствора, вследствие полученного положительного параметра взаимодействия, однако ввиду малого значения этого параметра, 1820⁽³⁾ и 2659 кал/г-ат⁽⁴⁾, метастабильная кривая несмешиваемости расположена внутри двухфазной области $\alpha + \beta$, полученной при экстраполяции фазовых границ известной части диаграммы состояния⁽⁵⁻⁷⁾. Не существует пока прямых экспериментальных доказательств протекания монотектоидного превращения в сплавах, богатых ванадием, за исключением работы⁽⁸⁾, где это превращение инициируется примесями. Нами была предпринята попытка экспериментально определить возможность протекания монотектоидного превращения в этой системе.

Исследования проводили на шести сплавах с содержанием 30; 40; 50; 60; 66,7 и 80 ат. % V. Исходными материалами служили иодидный титан и электролитический ванадий марки ВЭЛ-1. Слитки весом 30 г выплавляли в электродуговой вакуумной печи с нерасходуемым вольфрамовым электродом на медном водоохлаждаемом поду в атмосфере очищенного гелия. Для достижения однородности состава слитки подвергали 5—6-кратному переплаву. Химический анализ показал хорошее совпадение с расчетным составом. Слитки проковывали при 500—600°С на пруток с диаметром 7 мм, затем обтачивали до 5 мм для удаления окисленного слоя. Полученные прутки подвергали рекристаллизационному отжигу при 850° в течение 30 мин. в вакууме 10^{-5} мм рт. ст. Далее прутки деформировали в холодную до 1,5 мм, что соответствует степени деформации 91 %. Сплавы ступенчато отжигали по режиму: 1000°—100 час., 800°—100 час., 600°—200 час., 500°—300 час. Термообработку проводили в двойных эвакуированных кварцевых ампулах с геттером из титановой стружки. Часть сплавов указанных составов после выдержки при температурах 800, 600 и 500° охлаждали в воде, не разбивая ампул, во избежание возможного окисления образцов. Газовый анализ сплавов с 40, 50 и 60 ат. % V после ступенчатого отжига при 500° показал следующее содержание примесей: O~0,063; N~0,022; C~0,016 вес. %.

Сплавы исследовали методами микроструктурного, рентгеновского, микрорентгеноспектрального анализов, а также измерением микротвердости и удельного электросопротивления. При микроструктурном исследовании не обнаружено расслоения β -тв. раствора на сплавах, отожженных при 800 и 600°. Отмечено лишь присутствие неметаллических включений внутри полиэдров β -тв. раствора. Характер выделения примесных фаз меняется в зависимости от состава сплава. В сплаве титана с 30% V при 600° видны выделения α -фазы по границам зерен β -тв. раствора. При 500° α -фаза присутствует в сплавах с 30, 40 и 50% V как по границам, так и

внутри зерен β -тв. раствора; сплав с 60% V почти не содержит выделений α -фазы. Сплавы с более высоким содержанием ванадия состоят из полиздров β -тв. раствора с незначительным содержанием неметаллических включений.

Рентгеновский анализ проводили на сплавах титана с 30, 50 и 66,7% V, отожженных при 600 и 500°, в камере РКУ-114 на ванадиевом излучении с проволочек диаметром 0,4 мм, приготовленных электрополированой, и порошков. Расчет рентгенограмм подтвердил данные микроструктурного анализа (табл. 1).

Таблица 1

Результаты рентгеновского анализа сплавов после отжига при 600 и 500° С

V, ат.%	Фазовый состав	Период решетки β -тв. раствора, Å	V, ат.%	Фазовый состав	Период решетки β -тв. раствора, Å
При 600° С					
30	β	$3,202 \pm 0,002$	30	$\alpha + \beta$	$3,199 \pm 0,002$
60	β	$3,157 \pm 0,002$	50	$\alpha + \beta + \beta_1$	$3,155 \pm 0,002$ (β)
66,7	β	$3,111 \pm 0,001$	66,7	β	$3,08 \pm 0,01$ (β_1)
При 500° С					
					$3,111 \pm 0,001$

Анализ рентгенограмм показал, что при 500° в сплавах с 30 и 50% V, протекает превращение $\beta \rightarrow \alpha + \beta_1$, где β — исходный твердый раствор, а β_1 — твердый раствор, обогащенный ванадием. Однако при принятых режимах отжига достигнуть полного завершения превращения не удалось, так как на рентгенограммах присутствовали линии всех трех указанных фаз.

Для выяснения возможности протекания монотектоидного превращения в отожженных сплавах при их нагреве была проведена высокотемпературная рентгеновская съемка сплава эквивалентного состава после отжига при 500°. Съемку проводили в высокотемпературной рентгеновской камере ВТКП-1400 на никелевом излучении с порошком, дополнительного отожженного в течение 50 час. при 500° для достижения более полного превращения β -тв. раствора.

На дифрактограмме, снятой при комнатной температуре, присутствуют рефлексы α -фазы на малых углах, рефлексы основного β -тв. раствора с периодом $a = 3,151 \pm 0,002$ Å и рефлекс малой интенсивности β_1 -тв. раствора с периодом $a = 3,093 \pm 0,005$ Å. Съемку проводили при 350, 450, 550, 600, 750, 850 и 950° с выдержкой при указанных температурах от 10 до 1 часа соответственно. До 550° фазовое состояние сплава не меняется, однако наблюдается некоторое обогащение основного β -тв. раствора ванадием. В интервале температур 600—950° сплав является однофазным и представляет собой однородный β -тв. раствор, период которого линей-

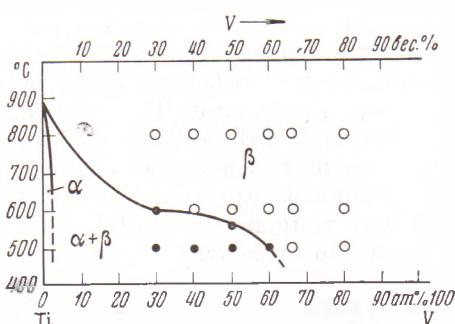


Рис. 1. Область $\alpha + \beta$ в системе Ti—V

но возрастает в указанном интервале температур. Таким образом, расслоения β -тв. раствор на два изоморфных — обогащенный и обедненный ванадием, при температурах выше 600° не обнаружено.

Микрорентгеноспектральный анализ сплавов, проведенный на установке MS-46, подтвердил общий характер взаимодействия компонентов в системе, установленный методами микроструктурного и рентгеновского исследований.

На кривых зависимости микротвердости и электросопротивления от состава сплавов, отожженных при 500°, имеются небольшие перегибы, отвечающие изменению фазового состояния сплава при 60 ат. % V.

Полученные экспериментальные данные позволили уточнить фазовое состояние сплавов системы Ti—V при температурах ниже 600° (рис. 1). Положение фазовой границы $\alpha+\beta/\beta$ отражает общий характер превращения в системах с положительным параметром взаимодействия и метастабильной кривой несмешиваемости, лежащей в двухфазной области, например, в системе Cu+Mn (4). Проведенное исследование не обнаружило расслоения β -тв. раствора и связанного с ним монотектоидного превращения сплавов системы Ti—V.

Авторы благодарны М. С. Модель за помощь в рентгенографическом исследовании.

Институт metallurgии им. А. А. Байкова
Академии наук СССР
Москва

Поступило.
14 XI 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ O. Krisement, Zs. Metallkunde, B. 52, № 10, 695 (1961). ² M. K. Koul, J. F. Breeidis, Acta Metallurg., v. 18, № 6, 579 (1970). ³ E. J. Rolinski, M. Hoch, C. J. Oblinger, Met. Trans., v. 2, № 9, 2613 (1971). ⁴ Л. Кауфман, Х. Бернштейн, Построение диаграмм состояния с помощью ЭВМ, М., 1972. ⁵ H. K. Adenstedt, J. R. Peguinot, I. M. Raymer, Trans. Am. Soc. Metals, v. 44, 990 (1952). ⁶ F. Ermanis, P. A. Farrar, H. Margolin, Trans. Met. Soc. AIME, v. 221, № 5, 904 (1961). ⁷ W. Rostoker, A. Yamamoto, Trans. Am. Soc. Metals, v. 46, 1136 (1954). ⁸ Ю. В. Ефимов, В. В. Барон, Е. М. Савицкий. Сборн. Металловедение, физико-химия и металлофизика сверхпроводников. «Наука», М., 1967.