

УДК 548.4; 669:621.039; 669-17; 620.186.8

DOI: 10.17223/00213411/62/8/159

К.В. ГРИНЯЕВ^{1,2}, И.А. ДИТЕНБЕРГ^{1,2}, А.Н. ТЮМЕНЦЕВ^{1,2}, И.В. СМЕРНОВ^{1,2}, В.М. ЧЕРНОВ³

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ И УРОВЕНЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВАНАДИЕВЫХ СПЛАВОВ РАЗНЫХ СИСТЕМ*

Обобщены данные о влиянии режимов термомеханической обработки на характеристики кратковременной прочности и пластичности ванадиевых сплавов разных систем (V–Ti–Cr, V–Zr–C, V–Cr–Zr, V–Cr–W–Zr, V–Cr–Ta–Zr). Показано, что применение модифицированного режима обеспечивает существенное увеличение кратковременной прочности при комнатной и повышенных температурах с сохранением приемлемой технологической пластичности. Рассмотрены основные механизмы трансформации метастабильных карбидов в частицы стабильных оксикарбонитридных фаз с участием фазообразующего элемента и условия их реализации.

Ключевые слова: сплавы ванадия, термомеханическая обработка, микроструктура, механические свойства.

Введение

Как известно [1–3], одним из основных требований, предъявляемых к малоактивируемым ванадиевым сплавам для эксплуатации в атомных и термоядерных реакторах новых поколений, является высокая жаропрочность при сохранении приемлемого уровня технологической пластичности. В ряде работ [4–6] показано, что после получения ванадиевые сплавы разных систем часто характеризуются наличием ликвационных неоднородностей и грубодисперсных частиц вторых фаз, что приводит к снижению эксплуатационных свойств. Одним из направлений решения данной проблемы является разработка методов модификации зеренной и гетерофазной структуры. В частности [4–13], применяются режимы термомеханических обработок (ТМО), заключающиеся в использовании циклических этапов деформационного и термического воздействия.

В настоящей работе проведено обобщение экспериментальных данных о влиянии стандартного и модифицированного режимов ТМО на характеристики кратковременной прочности и пластичности малоактивируемых ванадиевых сплавов разных систем.

Материалы и методика исследования

В табл. 1 приведены составы использованных в настоящем исследовании сплавов, полученные в АО «ВНИИНМ».

Таблица 1

Составы ванадиевых сплавов

Сплав [...]	Содержание легирующих элементов, вес. % (ат. %)							
	Cr	Zr	Ti	W	Ta	O	N	C
V–Ti–Cr [4, 6, 7]	4.36 (4.26)	–	4.21 (4.47)	–	–	0.02 (0.06)	0.01 (0.04)	0.01 (0.05)
V–Zr–C [11]	–	2.40 (1.34)	–	–	–	0.04 (0.13)	0.01 (0.04)	0.25 (1.06)
V–Cr–Zr [12]	8.75 (8.62)	1.17 (0.66)	–	0.14 (0.04)	–	0.02 (0.06)	0.01 (0.04)	0.01 (0.04)
V–Cr–W–Zr [12]	4.23 (4.41)	1.69 (1.00)	–	7.56 (2.23)	–	0.02 (0.07)	0.01 (0.04)	0.02 (0.09)
V–Cr–Ta–Zr [13]	6.80 (6.99)	0.79 (0.46)	–	–	6.10 (1.80)	0.05 (0.17)	0.01 (0.03)	0.03 (0.14)

Термообработки сплавов проводились в печах типа СШВЛ в вакууме $\approx 2 \cdot 10^{-5}$ Торр. Скорость охлаждения после отжига в температурном интервале выделения вторичных фаз изменяется в ходе охлаждения примерно от 5 град/с (при $T \approx 1200$ – 1300 °C) до 1 град/с (при $T \leq 800$ °C).

* Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг., направление III.23.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>