

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

DOI: 10.17223/00213411/63/7/139

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

ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ МИКРОСТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЛАВОВ V–Me(Cr, W)–Zr В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМОВ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ *

Методами растровой и просвечивающей электронной микроскопии проведено исследование влияния высокотемпературных отжигов на параметры структурно-фазового состояния малоактивируемых сплавов системы V–Me(Cr, W)–Zr после различных режимов термомеханической обработки. Путем активного растяжения при разных температурах изучено влияние режимов обработки и температур заключительных отжигов на характеристики прочности и пластичности. Обсуждаются основные факторы, определяющие термическую стабильность структурно-фазового состояния и механических свойств указанных сплавов.

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

Введение

Разработка нового поколения малоактивируемых сплавов на основе ванадия для перспективных реакторов деления и синтеза [1–16] является одной из наиболее актуальных задач современного реакторного материаловедения. На основе обобщения литературных данных в работе [16] показано, что жаропрочность ванадиевых сплавов системы V–Ti–Cr [1–10] существенно ограничена малой объемной долей и недостаточной термической стабильностью упрочняющих мелкодисперсных частиц второй фазы на основе элементов внедрения. В соответствии с [7–16] повышение жаропрочности ванадиевых сплавов обеспечивается увеличением эффективности дисперсного упрочнения за счет изменения элементного состава и применения новых методов обработки, позволяющих сформировать в материале высокую объемную долю однородно распределенных мелкодисперсных неметаллических частиц с высокой термической стабильностью. В [16] были представлены первые результаты по созданию сплавов системы V–Me(Cr, W)–Zr–C путем их целенаправленного легирования элементами внедрения (C, N, O) и замещения (W, Zr). Исследовано влияние режимов термомеханической обработки (ТМО) на модификацию структурно-фазового состояния и уровень прочностных свойств. Показана высокая эффективность использования модифицированного режима термомеханической обработки ТМО-II, при котором обеспечивается наноструктурирование гетерофазной структуры при реализации механизма фазовых превращений путем растворения метастабильных карбидов ванадия с последующим выделением стабильной фазы из твердого раствора. В результате достигнуты высокие эффекты дисперсного упрочнения с увеличением кратковременной прочности при сохранении значительного запаса низкотемпературной пластичности.

В настоящей работе проведено сравнительное исследование влияния режимов ТМО на термическую стабильность микроструктуры сплавов системы V–Me(Cr, W)–Zr (C, O, N) и уровень их механических свойств при разных температурах.

Материалы и методика исследования

В табл. 1 приведены составы использованных сплавов, полученных в АО «ВНИИНМ».

Исходные образцы представляли собой листы толщиной 1 и 3 мм, полученные традиционным методом ТМО (ТМО-I [16]), основные этапы которого представлены ниже:

1. 8-часовой гомогенизирующий вакуумный отжиг слитка при температуре 1300 °С.
2. Выдавливание (прессование) при повышенной температуре.
3. Несколько циклов прокатки и осадки при комнатной температуре с промежуточными вакуумными отжигами при температуре 950–1000 °С.
4. Стабилизирующий часовой вакуумный отжиг при температурах 1000 и 1100 °С.

* Исследование проведено в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы, 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://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>