УДК 539.42:539.382

DOI: 10.17223/00213411/62/8/21

Г.П. ГРАБОВЕЦКАЯ¹, О.В. ЗАБУДЧЕНКО¹, И.П. МИШИН¹, Е.Н. СТЕПАНОВА², И.В. РАТОЧКА¹, О.Н. ЛЫКОВА¹

ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ ТИТАНОВОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ Ti–Al–V–Mo В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОЙ СТРУКТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБРАТИМОГО ЛЕГИРОВАНИЯ ВОДОРОДОМ *

Методами электронно-микроскопического и рентгеноструктурного анализов исследованы особенности эволюции структурно-фазового состояния сплава системы Ti–Al–V–Mo в процессе формирования ультрамелкозернистой структуры методом, сочетающим горячую пластическую деформацию и обратимое легирование водородом. Показано, что присутствие в твердом растворе 0.15 мас. % водорода позволяет снизить более чем в 2 раза величину пластической деформации, необходимую для получения в сплаве ультрамелкозернистого состояния. Установлено, что в процессе деформации и последующей дегазации водорода из сплава имеют место такие процессы, как фазовые превращения $\alpha'' \rightarrow \beta \rightarrow \alpha$, $\beta \rightarrow \alpha''$ и перераспределение легирующих элементов, способствующие образованию тонкопластинчатой морфологии в зернах и сохранению высокого уровня прочностных свойств ультрамелкозернистой структуры.

Ключевые слова: титановый сплав, водород, ультрамелкозернистая структура, фазовое превращение.

Введение

Двухфазные титановые сплавы ($\alpha+\beta$ -типа) составляют около 90 % используемых в настоящее время в промышленности сплавов титана. Механические свойства этих сплавов существенно зависят от микроструктуры и фазового состава. Эффективным способом повышения механических свойств титановых сплавов является создание в них ультрамелкозернистого (УМЗ) состояния методами интенсивной пластической деформации (ИПД) [1–3]. К настоящему времени установлено, что в сплавах, в том числе и титановых, при формировании УМЗ-состояния методами ИПД могут иметь место такие процессы, как образование пересыщенных твердых растворов и фазовые превращения при температурах, не соответствующих равновесным [4–8]. Это можно использовать для получения УМЗ-состояния, содержащего два и/или несколько структурных элементов (или фаз) разной дисперсности, с целью обеспечения сочетания требуемых свойств сплава [6, 9]. С этой же целью можно использовать предварительное, перед ИПД, наводороживание титановых сплавов. Известно, что присутствие водорода существенно влияет на структурно-фазовые превращения в титановых сплавах в процессе деформации, что используется при термоводородной обработке титановых сплавов с целью изменения их структуры и свойств [10–12]. Однако в процессе эксплуатации присутствие водорода может вызывать охрупчивание и преждевременное разрушение изделий из титановых сплавов [13]. Поэтому заключительной операцией термоводородной обработки титановых сплавов является дегазация сплава путем отжига в вакууме при повышенных температурах, что также может приводить к изменению структуры и фазового состава сплавов. Большинство исследований закономерностей формирования УМЗ-структуры титановых сплавов в процессе ИПД в присутствии водорода ранее проводилось на примере ($\alpha+\beta$)-титановых сплавов с небольшой объемной долей β -фазы [10–12]. В то же время образование УМЗ-структуры в присутствии водорода для сплавов с большой объемной долей β -фазы может иметь свои особенности.

Целью настоящей работы является исследование формирования УМЗ-структуры в титановом сплаве системы Ti–Al–V–Mo–H методом прессования со сменой оси деформации и последующей дегазацией водорода.

Материал и методы исследования

В качестве материала для исследования использовали ($\alpha+\beta$)-титановый сплав системы Ti–Al–V–Mo–H с содержанием основных легирующих элементов 3.1 Al – 4.5 V – 4.9 Mo мас. %. В ис-

* Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг., направление III.23, с использованием оборудования ЦКП «НАНОТЕХ» ИФПМ СО РАН и Томского материаловедческого центра коллективного пользования ТГУ.

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>