

УДК 539.376:559.424

DOI: 10.17223/00213411/63/6/30

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

ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ НА ПОЛЗУЧЕСТЬ ТИТАНОВОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ Ti-6Al-4V-N*

Проведены сравнительные исследования влияния облучения импульсным электронным пучком на структуру и закономерности ползучести титанового сплава Ti-6Al-4V с содержанием водорода 0.002 мас. % (сплав VT6) и 0.23 мас. % (сплав VT6-0.23H) при температуре 723 К в интервале скоростей 10^{-7} – 10^{-5} с⁻¹. Установлено, что облучение импульсным электронным пучком в режиме без плавления поверхности не изменяет или повышает скорость установившейся ползучести сплавов VT6 и VT6-0.23H. Формирование модифицированного поверхностного слоя в процессе облучения импульсным электронным пучком в режиме плавления приводит к снижению скорости установившейся ползучести сплава VT6 и ее повышению для сплава VT6-0.23H. Показано, что зависимость скорости установившейся ползучести от напряжения сплава VT6 в состояниях до и после облучения импульсным электронным пучком удовлетворительно описывается степенным законом ползучести. Присутствие водорода в твердом растворе в сплаве VT6-0.23H приводит к нарушению степенного закона ползучести. Обсуждаются физические причины высоких значений показателя чувствительности к напряжению и эффективной энергии активации ползучести сплавов VT6 и VT6-0.23H в исследованных условиях.

Ключевые слова: титановый сплав, водород, импульсный электронный пучок, ползучесть.

Введение

Методы обработки поверхности, связанные с использованием электронных пучков, позволяют повышать износостойкость, коррозионную стойкость и динамическую прочность металлических материалов [1, 2]. Однако в процессе воздействия электронных пучков в материале возникают большие градиенты температур и напряжений, что в зависимости от режимов облучения может приводить к накоплению в поверхностном слое материала дефектов, перераспределению примесей и появлению метастабильных фаз [3–5]. При этом присутствие в материале водорода может существенно влиять на фазовый состав и тип дефектов, формирующихся в процессе облучения. Например, присутствие водорода в сплавах на основе титана, циркония, железа и др. снижает температуру аллотропного превращения и способствует формированию метастабильных фаз [6–8]. Известно также, что водород может индуцировать образование в материале дефектов и активно взаимодействовать с уже имеющимися дефектами структуры [9]. Структура поверхности, имеющая высокую плотность дефектов и содержащая метастабильные фазы, может оказаться нестабильной в процессе эксплуатации при повышенных температурах. Неустойчивость модифицированного слоя к воздействию температуры в присутствии водорода будет особенно ярко проявляться при малых скоростях деформации, характерных для ползучести, при которых высока роль диффузии и диффузионно-контролируемых процессов в развитии пластической деформации. Однако до настоящего времени вопрос о влиянии облучения импульсным электронным пучком на закономерности ползучести металлических материалов в литературе практически не рассматривался.

Цель данной работы – исследование влияния облучения импульсным электронным пучком на закономерности ползучести титанового сплава системы Ti-6Al-4V-N.

Материал и методы исследования

Исследования проводили на примере двухфазного ($\alpha+\beta$) титанового сплава Ti-6Al-4V со следующим содержанием основных легирующих элементов: Al – 5.9 мас. % и V – 3.9 мас. %. Содержание водорода в сплаве в состоянии поставки не превышает 0.002 мас. % (далее это сплав VT6). Облучение образцов импульсным электронным пучком с плотностью энергии 5 и 12 Дж/см² проводили в установке «СОЛЮ» [10] в атмосфере аргона при остаточном давлении 0.02 Па. Образцы облучали тремя импульсами с частотой 0.3 с⁻¹ и длительностью импульса 50 мкс. В процессе облучения электронным пучком с плотностью энергии 12 Дж/см² происходят высокоскоростное плавление и высокоскоростная кристаллизация поверхностного слоя (режим плавления поверхно-

* Работа выполнена в рамках госзадания ИФПМ СО РАН, проект III.23.2.2, с использованием научного оборудования Томского материаловедческого центра коллективного пользования.

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>