

## ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЛАВА ВТ35 ПОСЛЕ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ И ПОСЛЕДУЮЩИХ ОТЖИГОВ\*

И.В. Раточка, Е.В. Найденкин, О.Н. Лыкова, И.П. Мишин

*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия*

Проведены исследования влияния интенсивной пластической деформации и последующих дорекристаллизационных отжигов на структурно-фазовое состояние и механические свойства титанового сплава ВТ35. Показано, что формирование ультрамелкозернистой структуры приводит к повышению механических свойств указанного сплава на 65–75% при комнатной температуре по сравнению с исходным крупнозернистым состоянием. Установлено, что существенный разброс механических свойств сплава после такой обработки обусловлен неоднородностью распределения  $\alpha$ - и  $\beta$ -фаз в объеме заготовок. Последующие дорекристаллизационные отжиги ультрамелкозернистого сплава ВТ35 при температурах 723 и 773 К приводят к дополнительному повышению его механических свойств (величины значений пределов текучести и прочности могут превышать 1700 МПа). На примере образцов сплава после отжига при 723 К, 0.5 ч показано, что повышение механических свойств обусловлено увеличением объемной доли  $\alpha$ -фазы за счет фазового перехода  $\beta \rightarrow \alpha$ , протекающего внутри областей  $\beta$ -фазы и, как следствие, более однородным распределением  $\alpha$ - и  $\beta$ -фаз.

**Ключевые слова:** титановые сплавы, интенсивная пластическая деформация, ультрамелкозернистая структура, фазовые превращения, отжики, механические свойства.

### Введение

Развитие современной техники во многом связано с разработкой и внедрением новых конструкционных материалов. Такие материалы, в частности, широко используемые в различных отраслях промышленности титановые сплавы, должны обладать повышенными эксплуатационными, а также технологическими свойствами. Наиболее перспективным из предложенных в последние годы подходов к решению поставленной задачи представляется деформационно-термическая обработка промышленных полуфабрикатов, включающая воздействие интенсивной пластической деформацией. Полученные этим методом объемные металлы и сплавы имеют, как правило, ультрамелкозернистую (субмикро- и нанокристаллическую) структуру (размер зерна  $d$  меньше 1 и 0.1 мкм соответственно) и могут обладать уникальным сочетанием физических и механических свойств. В частности, такие материалы обладают высокой прочностью, в них может наблюдаться низкотемпературная и/или высокоскоростная сверхпластичность [1–3].

В настоящее время большое количество исследований по влиянию деформационно-термической обработки, включающей воздействие интенсивной пластической деформацией, на структуру и свойства поликристаллических материалов выполнено на примере  $(\alpha+\beta)$ -титановых сплавов [1, 2, 4–7], тогда как обработка более легированных сплавов переходного класса (псевдо- $\beta$ -титановые сплавы) практически изучена недостаточно. В то же время такие сплавы являются перспективными при изготовлении ответственных деталей и узлов авиакосмической и автомобильной техники с целью повышения их эксплуатационных свойств [8–11]. Известно достаточно большое количество схем деформационно-термических обработок, разработанных для титановых сплавов переходного класса [12–19]. При этом достижение заданных эксплуатационных свойств указанных сплавов происходит за счет создания пластической деформацией дефектов кристаллической решетки различного характера, а также в результате распада метастабильных фаз в процессе старения. С другой стороны, возможно дополнительное повышение механических свойств титановых сплавов переходного класса за счет формирования в них ультрамелкозернистой (УМЗ) структуры с помощью методов интенсивной деформации и последующих термообработок. Однако очевидно, что применение указанных обработок к титановым сплавам переходного класса будет иметь свои особенности по сравнению с обычными  $(\alpha+\beta)$ -титановыми сплавами. В частности, возможно изменение развития ряда процессов, протекающих в УМЗ-титановых сплавах переходного класса при проведении интенсивной деформации и последующих термообработок. Таким об-

\* Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, номер FWRW-2021-0004.

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>