

УДК 669:620.17:620.187

Г. С. Дьяконов*, **Т. В. Яковлева**, **А. Г. Стоцкий**,
Ю. М. Модина, **А. Р. Ибатуллин**, **И. П. Семенова**

Институт физики перспективных материалов Уфимского государственного
авиационного технического университета, г. Уфа

**dgr84@mail.ru*

ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОГО ТИТАНОВОГО СПЛАВА VT8M-1

Работа посвящена исследованию термической стабильности сплава VT8M-1 с ультрамелкозернистой (УМЗ) структурой. Показано, что при $T = 450$ °С и длительных (до 500 часов) отжигов УМЗ структура термически стабильна. Обсуждаются механические свойства и влияние отжигов на микроструктуру. Показано, что на межфазных границах выделяются частицы системы Ti–Zr–Si.

Ключевые слова: двухфазные титановые сплавы, ультрамелкозернистая структура, ротационная ковка, термическая стабильность, прочность.

G. S. Dyakonov, **T. V. Yakovleva**, **A. G. Stotskiy**, **Iu. M. Modina**,
A. R. Ibatullin, **I. P. Semenova**

THERMAL STABILITY AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE ULTRAFINE-GRANED TITANIUM ALLOY VT8M-1

The work is devoted to the study of the thermal stability of the VT8M-1 alloy with an ultrafine-grained (UFG) structure. It was shown that at $T = 450$ °C and long-term (up to 500 hours) anneals, the ultrafine-grained structure is thermally stable. The mechanical properties and the effect of annealing on the microstructure are discussed. It was shown that particles of the Ti–Zr–Si system are precipitation at interphase boundaries.

Key words: Two-phase titanium alloys, ultrafine-grained structure, rotary swaging, thermal stability, strength.

В работе была изучена эволюция микроструктуры и механические свойства УМЗ сплава ВТ8 М-1 после длительных отжигов при температуре 450 °С. УМЗ структура была сформирована методом ротационной ковки (РК) при температуре 750 °С [1].

Было установлено, что после 50-часовых отжигов наблюдается повышение величины прочности УМЗ сплава ВТ8М-1 в среднем на 50 МПа (рис. 1). Длительный отжиг (свыше 400 часов) КЗ состояния приводит к снижению прочности и повышению пластичности (рис. 1).

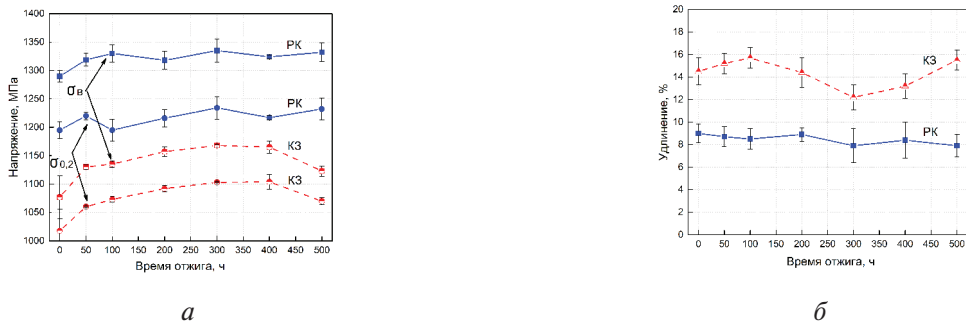


Рис. 1. Влияние отжигов сплава ВТ8М-1 при $T = 450\text{ }^{\circ}\text{C}$ в исходном крупнозернистом состоянии (КЗ) и после ротационнойковки (РК) на прочностные (а) и пластические (б) свойства

Методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) было установлено, что на межфазных границах α - и β -пластин формируются мелкие частицы эллипсоидной формы средним размером 50–100 нм (рис. 2). Результаты локального элементного анализа (EDS) указывают на содержание Si и Zr в составе частиц. Расшифровка дифракционных картин показала, что частицы являются силицидами типа $(\text{TiZr})_6\text{Si}_3$ с гексагональной плотноупакованной решеткой [2].

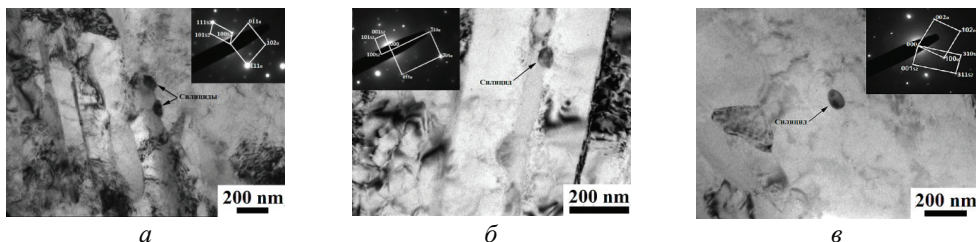


Рис. 2. Микроструктура сплава ВТ8М-1 после РК и последующих отжигов при температуре 450 °С (а) в течение 50 часов (б); 500 часов (в)

Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о термической стабильности УМЗ структуры сплава ВТ8М-1 и указывают на то, что силициды типа $(\text{TiZr})_6\text{Si}_3$ могут способствовать сохранению термической стабильности неравновесной УМЗ структуры при температурах до 450 °С.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ
в рамках научного проекта № 20–38–70105.*

Литература

1. Peculiarities of microstructure and mechanical behavior of VT8M-1 alloy processed by rotary swaging / Iu. M. Modina [et al.] // IOP Conf. Ser. : Mater. Sci. Eng. 2018. V. 461. № 012056.
2. Singh A. K., Ramachandra C. Characterization of silicides in high-temperature titanium alloys // Journal of materials science. 1997. V. 32. P. 229–234.