

Научные тезисы

УДК 669:620.17:620.187

ЭВОЛЮЦИЯ УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОГО ТИТАНОВОГО СПЛАВА VT8M-1 В УСЛОВИЯХ ДЕФОРМАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

**Григорий Сергеевич Дьяконов^{*}, Андрей Геннадиевич Стоцкий,
Юлия Михайловна Модина, Сергей Юрьевич Миронов**

Институт физики перспективных материалов, Уфимский
государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия

** dgr84@mail.ru*

Аннотация. Проанализированы механизмы преобразования глобулярно-пластинчатой структуры в ультрамелкозернистую структуру. Было показано, что в ходе ротационнойковки эволюция глобулярно-пластинчатой структуры сплава, контролируется температурно-скоростными условиями и характеризуется формированием деформационных границ. Отмечено, что процесс сфероидизации пластинчатой составляющей сплава регулируется механизмом расщепления границ, формированием глобулярных частиц альфа и бета фаз размером от 0,3 мкм.

Ключевые слова: двухфазные титановые сплавы, ультрамелкозернистая структура, ротационнаяковка, прочность

Финансирование: исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда 21-79-10167.

Scientific theses

EVOLUTION OF ULTRA-FINE GRAINED TITANIUM ALLOY VT8M-1 DURING STRAIN TREATMENT

**Grigory S. Dyakonov^{*}, Andrey G. Stotskiy, Iuliia M. Modina,
Sergey Y. Mironov**

Institute of Advanced Materials Physics, Ufa State Aviation
Technical University, Ufa, Russia

** dgr84@mail.ru*

Abstract. The mechanisms of transformation of a globular-lamellar structure into an ultra-fine grained structure are analyzed. It was shown that, in the course of rotary swaging, the evolution of the globular-lamellar structure of the alloy is controlled by temperature-rate conditions and is characterized by the formation of deformation boundaries. It was shown that the process of spheroidization of the lamellar component of the alloy is regulated by the mechanism of splitting the boundaries, the formation of global particles, alpha and beta phases with a size of 0.3 microns.

Keywords: two-phase titanium alloys, ultra-fine grained structure, rotary swaging, thermal stability, strength

Funding: the study was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation 21-79-10167.

Двухфазные титановые сплавы, сочетающие малый удельный вес и высокие механические характеристики, остаются незаменимыми материалами для авиационной техники [1]. В проекте предполагается использование титанового сплава ВТ8М-1, температура эксплуатации которого составляет 450–500 °С. Этот сплав разработан для замены известного сплава ВТ6 с температурой эксплуатации не более 350 °С. Использование в конструкции более жаропрочного сплава ВТ8М-1 сделает возможным повышение рабочей температуры компрессора, а при стандартных условиях эксплуатации увеличит срок его службы.

Известно, что повышенную прочность и усталостную долговечность титановых сплавов возможно достичь за счет формирования ультрамелкозернистой (УМЗ) структуры с высокой плотностью границ [2; 3]. Использование УМЗ заготовок в процессе формообразования/штамповки также позволяет снизить температуру деформации на 150–200 °С за счет проявления эффекта сверхпластичности, что обеспечивает энергоэффективность операции.

В работе проанализирована эволюция микроструктуры и механическое поведение сплава ВТ8М-1 с глобулярно-пластинчатой структурой в интервале температур деформации от 650 до 800 °С. Показано, что горячая деформация приводит к развитию глобуляризации пластинчатой составляющей сплава [4], повышение температуры деформации с 650 до 800 °С приводит к увеличению размеров глобулярных частиц альфа- и бета-фаз (рис. 1, 2).

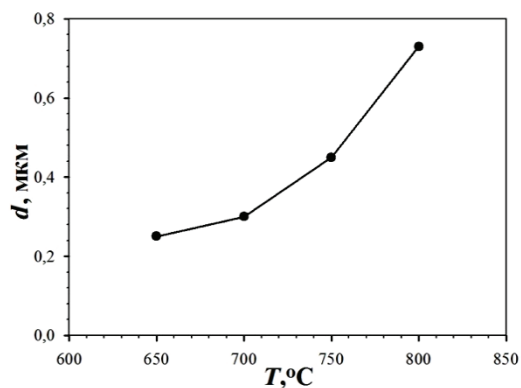
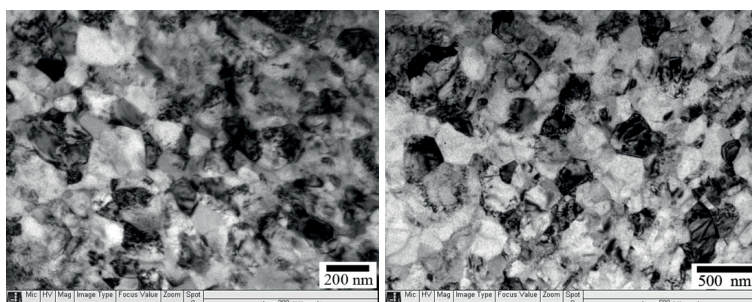


Рис. 1. Изменение среднего размера глобулярных частиц α - и β -фаз в сплаве ВТ8М-1 после деформации в интервале температур 650–800 °С

a

б



в

г

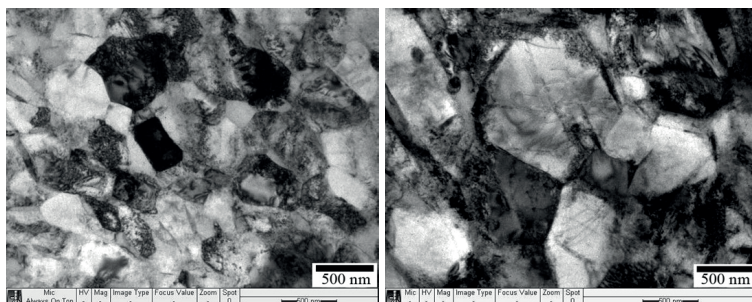


Рис. 2. Микроструктура сплава ВТ8 М-1 после деформации при температуре:
a – 650 °С; *б* – 700 °С; *в* – 750 °С и *г* – 800 °С (ПЭМ)

Показано, что формирование УМЗ структуры методом ротационнойковки приводит к повышению временного сопротивления разрушению на 23 %, что составляет изменение показателей от 1050 МПа в исходном крупнозернистом состоянии до 1290 ± 10 МПа в УМЗ состоянии. Для анализа термической стабильности УМЗ сплава и исследования развития рекристаллизации проведена серия отжигов в интервале температур 300–450 °С длительностью до 500 часов. Было установлено, что в исследуемом интервале температур и длительности отжигов роста зерен не происходит.

Проведен анализ коэффициента скоростной чувствительности (m) УМЗ сплава ВТ8М-1 в интервале температур деформации 650–800 °С и скоростей деформации 10^{-4} – 10^{-1} с⁻¹. Установлено, что сплав с УМЗ структурой демонстрирует сверхпластическое поведение в интервале температур деформации 750–800 °С и скоростей деформации 10^{-3} – 10^{-2} с⁻¹.

Проведен анализ коэффициента скоростной чувствительности (m) УМЗ сплава ВТ8М-1 в интервале температур деформации 650–800 °С и скоростей деформации 10^{-4} – 10^{-1} с⁻¹. Установлено, что сплав с УМЗ структурой демонстрирует сверхпластическое поведение в интервале температур деформации 750–800 °С и скоростей деформации 10^{-3} – 10^{-2} с⁻¹.

Список источников

1. Колачев Б. А., Полькин И. С., Талалаев В. Д. Титановые сплавы разных стран : справочник. М. : ВИЛС, 2000. 316 с.
2. Nanostructuring of Ti-alloys by SPD processing to achieve superior fatigue properties / I. P. Semenova [et al.] // Int. J. Mater. Res. 2009. V. 100. P. 1691–1696.
3. Mechanical behavior and superplasticity of a severe plastic deformation processed nanocrystalline Ti–6Al–4V alloy / R. S. Mishra [et al.] // Mater. Sci. Eng. A. 2001. V. 298. P. 44–50.
4. Modification of alpha morphology in Ti-6Al-4V by thermomechanical processing / I. Weiss [et al.] // Metall. Mater. Trans. A. 1986. V. 17 (11). P. 1935–1947.

References

1. Kolachev B. A., Polkin I. S., Talalaev V. D. Titanium alloys of different countries : Handbook. M. : VILS. 2000, 316 s.

2. Nanostructuring of Ti-alloys by SPD processing to achieve superior fatigue properties / I. P. Semenova [et al.] // *Int. J. Mater. Res.* 2009. V. 100. P. 1691–1696.
3. Mechanical behavior and superplasticity of a severe plastic deformation processed nanocrystalline Ti–6Al–4V alloy / R. S. Mishra [et al.] // *Mater. Sci. Eng. A.* 2001. V. 298. P. 44–50.
4. Modification of alpha morphology in Ti-6Al-4V by thermomechanical processing / I. Weiss [et al.] // *Metall. Mater. Trans. A.* 1986. V. 17 (11). P. 1935–1947.