

Научная статья

УДК 669.017

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ Fe И Ni НА МИКРОСТРУКТУРУ И СВЕРХПЛАСТИЧНОСТЬ СПЛАВА СИСТЕМЫ Ti–Al–Mo–V

**Мария Николаевна Постникова<sup>1</sup>, Антон Дмитриевич Котов,  
Ахмед Омар Мослех, Ольга Анатольевна Яковцева**

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,  
Москва, Россия

<sup>1</sup> *maria\_postnikova@mail.ru*

**Аннотация.** В результате проведенных исследований было доказано, что добавки Fe и Ni в двухфазный титановый сплав Ti–4Al–3Mo–1V позволяют не только получить ультрамелкозернистую структуру, но и снизить температуры  $\beta$ -трансуса и двухфазной области.

**Ключевые слова:** двухфазные титановые сплавы, сверхпластическая формовка, температура  $\beta$ -трансуса

**Финансирование:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания (№ 0718–2020–0030).

Original article

## STUDY OF THE INFLUENCE OF Fe AND Ni ON THE STRUCTURE AND SUPERPLASTICITY OF Ti–Al–Mo–V ALLOY

**Maria Nikolaevna Postnikova<sup>1</sup>, Anton Dmitrievich Kotov,  
Ahmed Omar Mosleh, Olga Anatolyevna Yakovtseva**

National Research Technological University “MISIS”, Moscow, Russia

<sup>1</sup> *maria\_postnikova@mail.ru*

**Abstract.** It was proved that the addition of Fe and Ni to the two-phase titanium alloy Ti–4Al–3Mo–1V allows not only to obtain an ultrafine-grained structure, but also to reduce the temperatures of the  $\beta$ -transus and of the two-phase region.

**Keywords:** two-phase titanium alloys, superplastic forming,  $\beta$ -transus temperature

**Funding:** the work was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of Russia within the framework of the state task (№ 0718–2020–0030).

Благодаря высоким прочностным свойствам в сочетании с коррозионной стойкостью титановые сплавы находят широкое применение в транспортной промышленности, авиации, медицине. К наиболее востребованным материалам для сверхпластической формовки относятся сплав ВТ14 [1] и сплав ВТ6 [2; 3] благодаря их высоким эксплуатационным свойствам и технологичности. Рабочие температуры данных сплавов находятся в диапазоне 850–900 °С, что является основным недостатком с точки зрения повышения износа формовочного оборудования, матриц, увеличения затрат на электроэнергию и оснастку. Высокие температуры формовки отрицательно влияют на качество конечных изделий из-за образования альфированного слоя вследствие активных окислительных процессов. Снижение температуры сверхпластической деформации является актуальной задачей, решение которой возможно за счет дополнительного легирования базовых сплавов элементами, стабилизирующими область  $\beta$ -фазы (Fe, Ni, Co, V) и имеющими высокий коэффициент диффузии в титане.

Методом аргонодуговой плавки были получены слитки сплавов следующих составов: Ti–4Al–3Mo–1V–1Fe (1), Ti–4Al–3Mo–1V–2Fe (2), Ti–4Al–3Mo–1V–1Ni (3), Ti–4Al–3Mo–1V–2Ni (4), Ti–4Al–3Mo–1V–1Fe–1Ni (5). В качестве базового сплава использовали сплав ВТ14 (Ti–4Al–3Mo–1V). Полученные слитки подвергали гомогенизационному отжигу, закалке из  $\beta$ -области и последующей горячей деформации при температуре двухфазной области (750 °С).

С целью определения объемных долей  $\alpha$  и  $\beta$  были проведены термодинамические расчеты и последовательный отжиг исследуемых температур в интервале 650–900 °С в атмосфере аргона. Было показано, что температура разработанных сплавов, при которой наблюдается соотношение  $\alpha/\beta=50/50\%$  и сверхпластичность максимальна, находится в диапазоне 760–800 °С, что на 100 °С ниже по сравнению с ВТ14. По результатам ДТА анализа выявлено, что температура  $\beta$ -трансуса сплавов с добавками Fe и Ni составляет 860–870 °С, в то время как эта температура для ВТ14 составляет 920 °С. Для проведения испытания на сверхпластичность были вырезаны образцы с размером рабочей части 14×6 мм. Исследуемые сплавы проявляли высокие показате-

тели сверхпластичности при температурах 700, 775 и 875 °С. Сплавы (4) и (5) характеризовались высокими относительными удлинениями вплоть до температуры 625 °С.

Дополнительное легирование сплавов системы Ti–Al–Mo–V железом и никелем позволяет снизить температуру сверхпластической деформации до 625 °С, вследствие снижения температур  $\beta$ -трансуса и двухфазной области.

#### **Список источников**

1. Moiseyev V. N. Titanium Alloys — Russian Aircraft and Aerospace Applications. Taylor and Francis. 2006. 196 p.
2. Alabort E., Putman D., Reed R. C. Superplasticity in Ti–6Al–4V: Characterisation, modelling and applications // Acta Materialia. 2015. V. 95. P. 428–442.
3. Mechanical and microstructural analysis on the superplastic deformation behavior of Ti-6Al-4V Alloy / C. S. Lee [et al.]. International Journal of Mechanical Sciences. 2000. V. 42. P. 1555–1569.