

УДК 620.22

**Е. С. Панина^{*}, Н. Ю. Юрченко, Н. Д. Степанов, С. В. Жеребцов,
Г. А. Салищев**

Белгородский государственный национальный исследовательский университет
(НИУ «БелГУ»), г. Белгород

**panina_e@bsu.edu.ru*

Научный руководитель — доц., д-р техн. наук С. В. Жеребцов

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА НЕЭКВИАТОМНОГО ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА $Ti_{1,89}NbCrV_{0,56}$

Был разработан высокоэнтروпийный неэквИАтомный сплав $Ti_{1,89}NbCrV_{0,56}$ с плотностью $6,17 \text{ г/см}^3$. В литом и прокатанном состоянии сплав имел однофазную ОЦК структуру. Отжиг после прокатки при $800 \text{ }^\circ\text{C}$ привел к выделению частиц фазы Лавеса C15 (ГЦК). После отжига при $1200 \text{ }^\circ\text{C}$ сплав имел однофазную ОЦК структуру. В литом и отожженном состоянии наблюдалось хрупкое разрушение.

Ключевые слова: Высокоэнтропийные сплавы, прокатка, отжиг, микроструктура, механические свойства

**E. S. Panina, N. Yu. Yurchenko, N. D. Stepanov, S. V. Zherebtsov,
G. A. Salishchev**

EFFECT OF MECHANICAL AND THERMAL TREATMENT ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF A NON-EQUATOMIC HIGH ENTROPY ALLOY $Ti_{1,89}NbCrV_{0,56}$

A $Ti_{1,89}NbCrV_{0,56}$ high entropy non-equiatomic alloy with a density of 6.17 g cm^{-3} was developed. The alloy had a single-phase bcc structure in the cast and rolling state. Post-deformation annealing at $800 \text{ }^\circ\text{C}$ led to a precipitation of the Laves phase C15 (fcc) particles. After annealing at $1200 \text{ }^\circ\text{C}$, the alloy returned to the single-phase condition. The as-cast and annealed alloy were brittle.

Key words: High entropy alloys, rolling, annealing, microstructure, mechanical properties

Одним из перспективных направлений в развитии ВЭСов является создание композиций для потенциального применения при повышенных температурах. Был разработан сплав $Al_{0,5}CrNbTi_2V_{0,5}$ [1], который показал высокую прочность при комнатной температуре. Добавление Al хоть и уменьшает плотность, но приводит к упорядочению и снижает пластичность [2], поэтому было предложено исключить Al. На основе этих данных был создан сплав $Ti_{1,89}NbCrV_{0,56}$.

В литом состоянии сплав имел крупнозернистую дендритную ОЦК структуру (рис. а, б) и мог быть прокатан до 80 % (рис. в). Отжиг при 800 °С прокатанного до 80 % сплава привел к выделению частиц фазы Лавеса C15 (ГЦК) (рис. а, з). После отжига при 1200 °С сплав имел однофазную ОЦК структуру (рис. а, д).

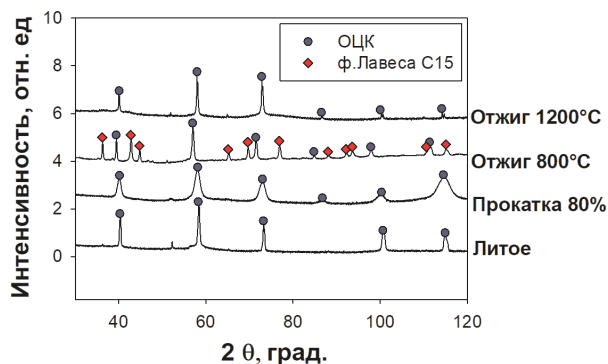


Рис. 1. Рентгеноструктурный анализ сплава $Ti_{1,89}NbCrV_{0,56}$.

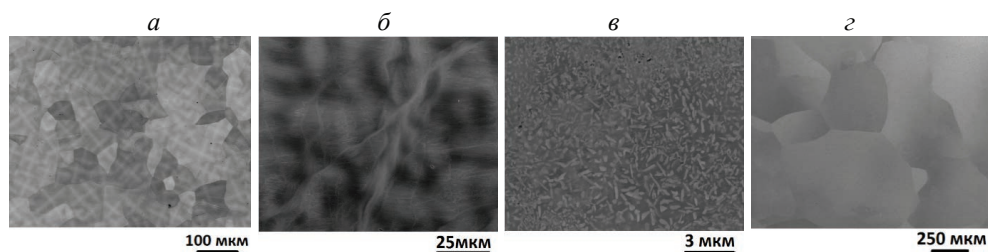


Рис. 2. Микроструктура сплава в литом (а), прокатанном (б) и отожженном при $T = 800^{\circ}C$ (в) и $1200^{\circ}C$ (з)

В прокатанном состоянии предел текучести, предел прочности и деформация до разрушения были равны 870 МПа, 1785 МПа и 3,8 %, со-

ответственно. В литом и отожженном состоянии наблюдалось хрупкое разрушение.

Литература

1. Precipitation-strengthened refractory Al_{0.5}CrNbTi₂V_{0.5} high entropy alloy / N. D. Stepanov [et al.] // *Materials Letters*. 2017. V. 188. P. 162–164.
2. Structure and mechanical properties of B2 ordered refractory AlNbTiVZr_x ($x = 0; 0,5; 1; 1,5$) high-entropy alloys / N. Y. Yurchenko [et al.] // *Journal of Alloys and Compounds*. 2015. V. 652. P. 266–280.