

Федор Валерьевич Водолазский¹, Сергей Леонидович Демаков¹, Максим Александрович Шабанов^{1*}, Евгения Евгеньевна Безрук¹, Алексей Александрович Посохин¹

¹УрФУ им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

**m.a.shabanov@urfu.ru*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАКАЛКИ НА СТРУКТУРУ, ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И СВОЙСТВА СПЛАВА VT23

В данной работе проведено исследование влияния температуры закалки на структуру и фазовый состав титанового сплава Ti-5,45%Al-4,7%V-2,45%Mo-1,1%Cr-0,7%Fe (в мас. %) вблизи температуры полиморфного $\alpha+\beta\rightarrow\beta$ -превращения. Установлено, что наличие первичной α -фазы влияет на рост рекристаллизованного зерна при закалке из двухфазного состояния.

Ключевые слова: $\alpha+\beta$ сплав, система Ti-5,45%Al-4,7%V-2,45%Mo, фазовый состав, закалка, РСФА, α'' -фаза.

Fedor V. Vodolazskiy, Sergey L. Demakov, Maxim A. Shabanov, Evgenia E. Bezruk, Aleksey A. Posohin

UrFU named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg

INFLUENCE OF THE QUENCHING TEMPERATURE ON STRUCTURE, PHASE COMPOSITION AND HARDNESS OF ALLOY VT23

In this work, the temperature of polymorphic transformation of the Ti-5.45%Al-4.7%V-2.45%Mo-1.1%Cr-0.7%Fe alloy (in wt%) is determined and the effect of the hardening temperature on structure and phase composition. It was found that the presence of the primary α -phase affects the growth of recrystallized grain upon quenching from the two-phase state.

Key words: $\alpha+\beta$ alloy, Ti-5.45%Al-4.7%V-2.45%Mo system, phase composition, quenching, XRDA, α'' -phase.

Одним из наиболее перспективных материалов в современном авиастроении и ракетной-космической технике является сплав VT23. Принимая во внимание сложный характер легирования, можно предположить, что за счет определенных режимов термообработки можно добиться необходимого комплекса прочностных и механических характеристик. Одновременное обеспечение требуемых и безопасных соотношений прочностных и механических характеристик, требует внимательного формирования структуры и фазового состава сплава. Исследования в работе [1] показали, что закалка выше 850 °C вызывает интенсивный рост β -зерен в структуре и снижение пластичности и вязкости. Увеличение доли β -стабилизаторов повышают термическую стабильность сплава, поэтому необходимы уточняющие исследования структуры и фазового состава сплава

несколько иного химического состава. В данной работе проведено исследование влияния температуры закалки на структуру и фазовый состав титанового сплава ВТ23 вблизи температуры полиморфного $\alpha+\beta\rightarrow\beta$ -превращения (T_m).

Материалом для исследования в данной работе служил сплав ВТ23 (в мас. % – Ti-5,45%Al-4,7%V-2,45Mo-1,1%Cr-0,7%Fe). Температурный интервал под закалку — 890...925 °С шагом 5 °С. Термообработка образцов проводилась в лабораторной печи по следующему режиму: нагрев на температуру закалки, выдержка 40 минут, закалка в воду.

Фазовый состав при температуре закалки 890 °С представлен α'' и α фазами (рис. 1). На угле 38,40 присутствует сильная линия α -фазы. При дальнейшем повышении температуры закалки фазовый состав представлен одной α'' . Степень ромбичности α'' не меняется и находится на высоком уровне, что говорит о высоком содержании элементов β -стабилизаторов в фазе (рис. 3, а).

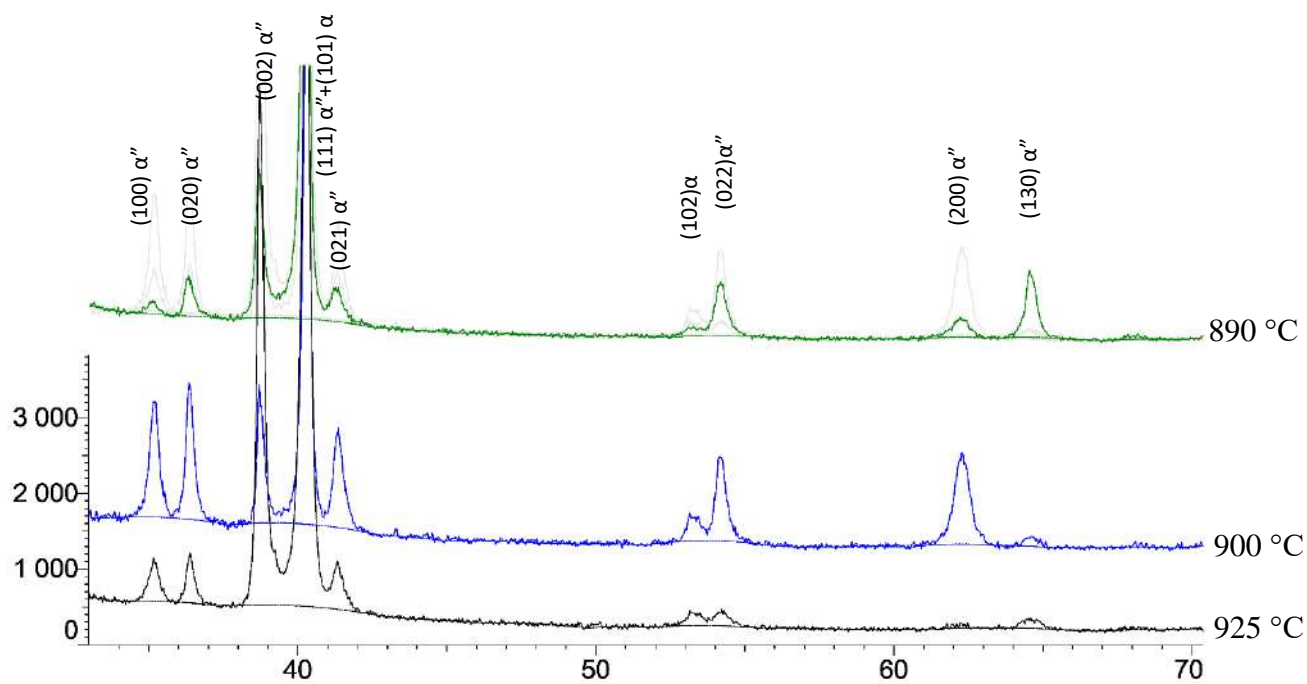


Рис. 1. Дифрактограммы образцов сплава ВТ23 при 900 °С и 905 °С

Микроструктура сплава после закалки (рис. 2) при температуре 890 °С представлена игольчатыми пластинами α'' -мартенсита. По краям и в теле зерна наблюдается первичная α -фаза в виде вытянутых округлых выделений. Примерное количество первичной α -фазы составляет 11 ± 2 %. При дальнейшем повышении температуры закалки (от 895 °С до 925 °С) образцы сплава приобретают однородную крупно-игольчатую мартенситную структуру на основе α'' -фазы. Размер зерна с увеличением температуры закалки, так же увеличивается, что связано с отсутствием первичной α -фазы по границам зерен, которая является сдерживающим параметром роста зерна, при температуре от 895 °С.

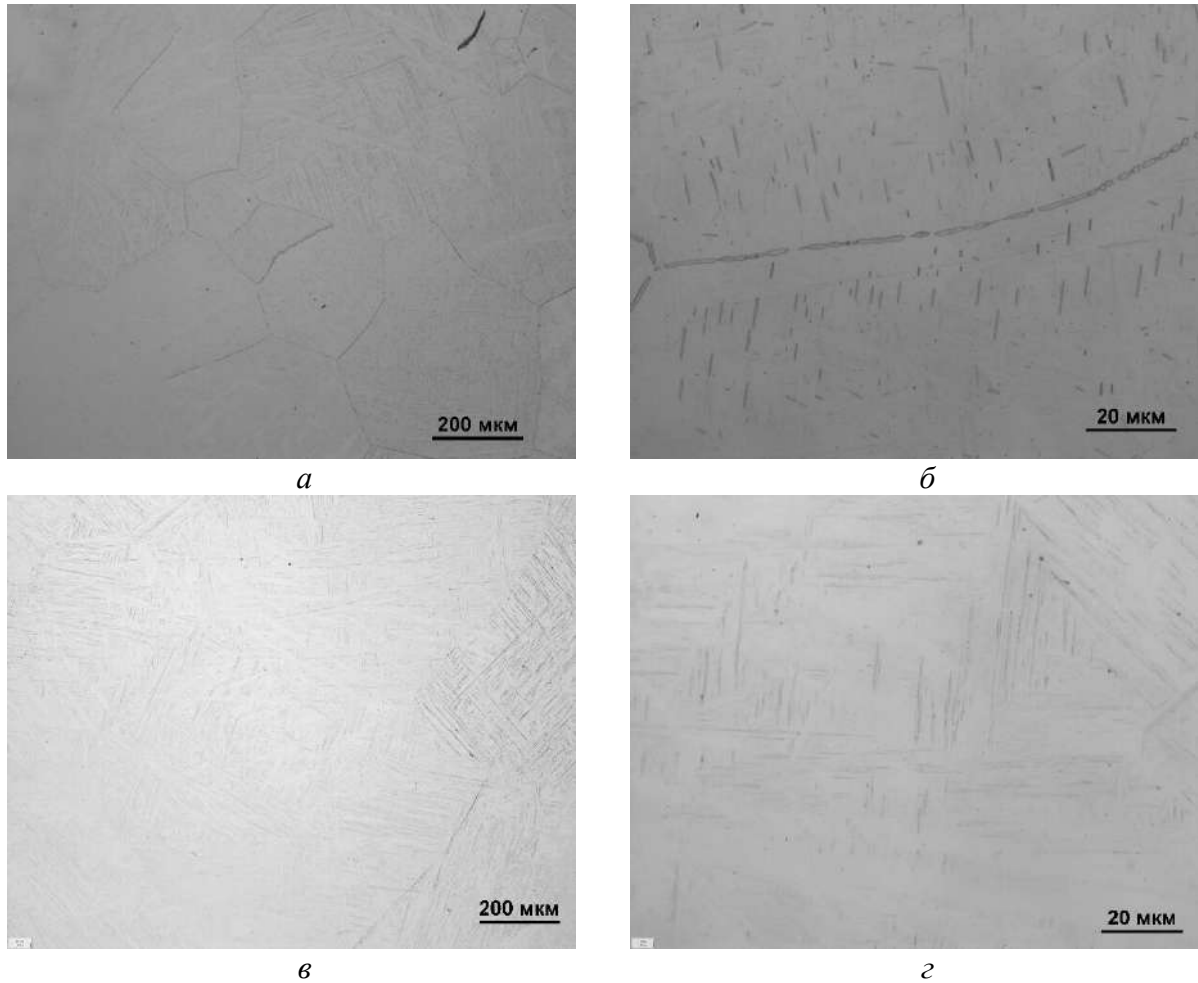


Рис. 2. Микроструктура образцов сплава ВТ23 после закалки с различных температур:
 а – 890 °С, x100; б – 890 °С, x1000; в – 925 °С, x100; г – 925 °С, x1000

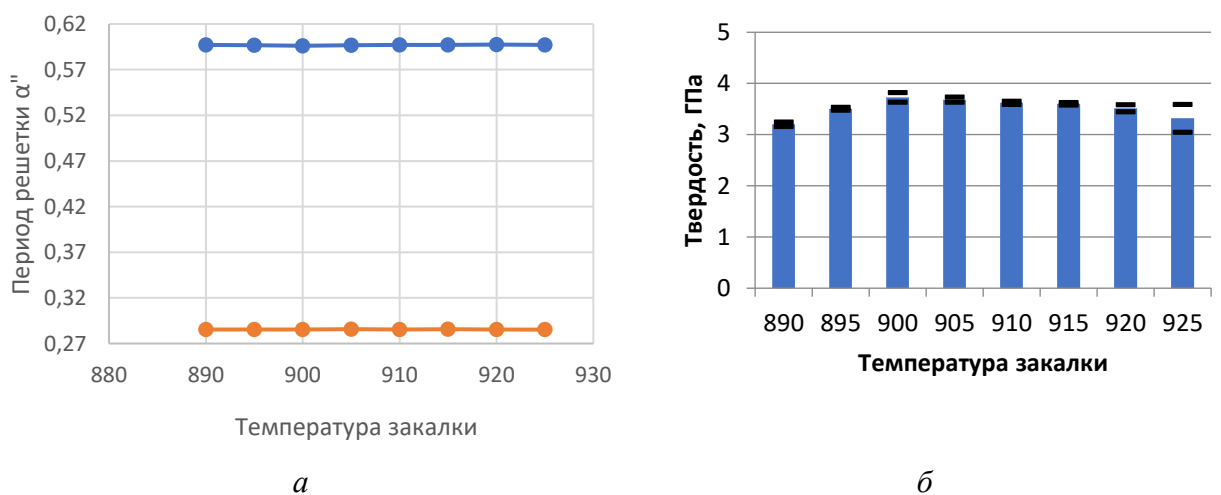


Рис. 3: а – График зависимости параметров периода решетки О-фазы сплава ВТИ-4 от режима термообработки; б – значения твердости значения модуля упругости

Исходя из анализа твердости (рис. 3, б) можно сказать, что при закалке с температуры до $T_{\text{сп}}$ твердость сплава повышается. Это обусловлено

наличием α -фазы, содержащей значительное количество Al. А после закалки с температур после $T_{\text{пт}}$ твердость идет на повышение, т.к. с растворением α -фазы повышается удельное содержание Al в β -фазе, а затем практически не изменяется. Это обусловлено, увеличением и стабилизации доли α -фазы и укрупнением морфологии α мартенсита.

Таким образом установлено следующее. Температура полиморфного превращения сплава VT23 данного химического состава находится в интервале 890...895 °С. Закалка при $T_{\text{пт}}$ больше 895 °С приводит к снижению пластических характеристик сплава и при конечной ТО может привести к значительному снижению прочностных характеристик. Необходимо рассмотреть режимы закалки с температур ниже $T_{\text{пт}}$ на 20-30 °С для отслеживания доли первичной α -фазы и ее влияния на рост зерен и механических свойств сплава VT23 при дальнейших термообработках.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Kondrat'eva O. V. A study of modes of hardening heat treatment of titanium alloy VT23 / O. V. Kondrat'eva, S. Yu. Kondrat'ev, and O. V. Shvetsov // Metal Science and Heat Treatment. 2019. V. 60. P. 715-721.