

Научные тезисы

УДК 669

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ БЕТА-ФАЗЫ К ПРЕВРАЩЕНИЯМ ПРИ НАГРЕВЕ БИОСОВМЕСТИМОГО ТИТАНОВОГО СПЛАВА TNZTS

**Анатолий Геннадьевич Илларионов, Дарья Сергеевна Рябова,
Даниил Евгеньевич Винокуров, Иван Вячеславович Казаков,
Стелла Владимировна Гриб***

Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

* *s. v.grib@urfu.ru*

Аннотация. Методом ДСК исследована устойчивость β -фазы к превращениям при непрерывном нагреве в опытном сплаве системы Ti–Nb–Zr–Ta–Sn медицинского назначения. Определена температура полиморфного превращения опытного сплава ($T_{\text{мп}} = 625^\circ\text{C}$).

Ключевые слова: титановый сплав, ДСК, фазовые превращения, температура полиморфного превращения

Финансирование: исследование выполнено в рамках госзадания Минобрнауки № 0836-2020-0020.

Scientific thesises

INVESTIGATION OF THE BETA-PHASE STABILITY TO TRANSFORMATIONS DURING HEATING OF BIOCOMPATIBLE TITANIUM ALLOY TNZTS

**Anatoly G. Illarionov, Daria S. Ryabova, Daniil E. Vinokurov,
Ivan V. Kazakov, Stella V. Grib***

Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin,
Yekaterinburg, Russia

* *s. v.grib@urfu.ru*

Abstract. The β -phase stability of the experimental Ti–Nb–Zr–Ta–Sn alloy for medical application to transformations under continuous heating has been studied by DSC. The beta transus temperature of the experimental alloy was determined ($T_\beta = 625^\circ\text{C}$).

Keywords: titanium alloy, DSC, phase transformations, beta transus temperature

Funding: the study was carried out within the framework of the state task of the Ministry of Education and Science No. 0836-2020-0020.

Сплав Ti — 38,4 Nb — 5,6 Zr — 2,3 Ta — 2,1 Sn, масс. % (далее — TNZTS) является новым опытным сплавом и предназначен для медицинского применения (в частности, для изготовления имплантатов). Ко всем имплантируемым материалам предъявляется требование по минимизации значения модуля упругости с целью приближения его значения к модулю упругости костной ткани, для которой он не более 30 ГПа [1]. Согласно литературным данным [2], более низкие значения модуля упругости характерны для титановых сплавов со структурой β -фазы, а выделение вторых фаз вызывает его увеличение. В связи с этим для титановых сплавов медицинского назначения предпочтительно иметь в структуре β -фазу, которая обладает высокой стабильностью по отношению к сдвиговым превращениям при охлаждении из β -области. Из этого следует, что знание закономерностей распада метастабильного β -твердого раствора при нагреве будет полезным при разработке режимов термообработки (ТО) готового изделия.

Цель настоящей работы — изучение протекания фазовых превращений при непрерывном нагреве закаленного на β -твердый раствор опытного сплава TNZTS-методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). Данный метод позволяет по фиксируемым тепловым эффектам достаточно точно определять интервалы и последовательность фазовых превращений, а также температуру перехода сплава в однофазное β -состояние ($T_{\text{мн}}$) — физического параметра, важного и необходимого при разработке режимов ТО. ДСК проводили на приборе синхронного термического анализа Netzsch STA 449 C Jupiter с нагревом в инертной атмосфере аргона со скоростью $10^\circ/\text{мин}$.

В ходе нагрева сплава от комнатной температуры до 535°C происходит распад β -фазы в последовательности, хорошо согласующейся с предложенной в монографии [3]: в интервале температур $160\ldots 385^\circ\text{C}$ наблюдается поочередное образование несоизмеримой V_ω - и ω -фаз, а затем β' -фазы, изоморфной β -матрице, но отличающейся от нее

химическим составом. Превращения сопровождаются появлением на ДСК-кривой экзотермических эффектов с максимумами в районе 190, 310 и 360 °С соответственно. При более высоких температурах нагрева фиксируются еще два экзоэффекта в интервале 385...535 °С с максимумами при 400 и 480 °С. Первый эффект, согласно данным [4], связан с образованием низкотемпературной α_n (α'')-фазы, а второй — равновесной α -фазы. Дальнейшее повышение температуры приводит к протеканию обратного $\alpha \rightarrow \beta$ -превращения, которое сопровождается эндотермическим эффектом в интервале температур 535...625 °С с максимумом при 620 °С. Эффект характеризуется выраженной асимметрией: наблюдается «затяг» со стороны более низких температур, что, по-нашему мнению, обусловлено первоначально растворением низкотемпературной α_n (α'')-фазы. Отмечено, что результаты анализа данных ДСК по интервалам превращений хорошо согласуются с данными дилатометрии, представленными в [5].

Таким образом, методом ДСК установлено, что температура полиморфного превращения опытного биосовместимого сплава TNZTS составляет около 625 °С, а метастабильная β -фаза сохраняет устойчивость к фазовым превращениям при нагреве до 160 °С.

Список источников

1. Patel N. R., Gohil P. P. A Review on Biomaterials: Scope, Application & Human Anatomy Significance // IJETAE. 2012. V. 2, I. 4. P. 91–101.
2. Beta Ti Alloys with Low Young's Modulus / T. Ozaki [et al.] // Materials Transactions. 2004. V. 45, № 8. P. 2776–2779.
3. Цвиккер У. Титан и его сплавы. М. : Металлургия, 1979, 512 с.
4. Influence of phase transformation kinetics on the formation of α in a β -quenched Ti–5Al–5Mo–5V–3Cr–1Zr alloy / Pere Barriobero-Vila [et al.] // Acta Materialia. 2015. V. 95. P. 90–102.
5. Исследование фазовых превращений методом дилатометрии при нагреве титанового сплава системы Ti–Nb–Zr–Ta–Sn / А. Г. Илларионов [и др.] // Материаловедение и металлофизика легких сплавов : сб. (V Международная школа для молодежи), Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2021. С. 65–67.

References

1. Patel N. R., Gohil P. P. A Review on Biomaterials: Scope, Application & Human Anatomy Significance // IJETAE. 2012. V. 2. I. 4. P. 91–101.

2. Beta Ti Alloys with Low Young's Modulus / T. Ozaki [et al.] // Materials Transactions. 2004. V. 45, № 8. P. 2776–2779.
3. Zwicker W. Titanium and its alloys / W. Zwicker. Moscow: Metallurgy, 1979, 512 p.
4. Influence of phase transformation kinetics on the formation of α in a β -quenched Ti–5Al–5Mo–5V–3Cr–1Zr alloy / Pere Barriobero-Vila [et al.] // Acta Materialia. 2015. V. 95. P. 90–102.
5. Phase transformations investigation of titanium alloy of the Ti – Nb – Zr – Ta – Sn system during heating by the dilatometry method / A. G. Illarionov [et al.] // Material sciences and physics of metals of light-weight alloys V International School for Youth, Yekaterinburg, Ural University Publishing House, 2021. P. 65–67.