

УДК 53.084.823

## ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕДИЦИНСКОГО СПЛАВА Ti-Nb-Ta

Ершов Никита Кириллович<sup>(1)</sup>

Студент 4 курса<sup>(1)</sup>

кафедра «Материаловедение»

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

Научный руководитель: А.Г. Колмаков,

доктор технических наук, член-корреспондент РАН

Развитие современной медицины требует создания новых материалов. Традиционно применяемые металлические сплавы обладают существенным недостатком — их жёсткость значительно выше, чем жёсткость живой костной ткани. Это несоответствие приводит к возникновению эффекта «экранирования напряжений». Кроме того, используемые на данный момент сплавы выделяют токсичные ионы в процессе длительной эксплуатации. Перспективными являются  $\beta$ -титановые сплавы благодаря отсутствию токсичных элементов в их составе и низкому модулю упругости [1].

Объектами исследования являлись  $\beta$ -титановые сплавы Ti-20Nb-7,5Ta и Ti-20Nb-10Ta (ат.%). Материалы были получены методом вакуумно-дуговой плавки, после чего подвергнуты прокатке и последующей закалке от температур 600 и 800 °С. Методика исследования включала: рентгенофазовый анализ, оптическую микроскопию, статические и циклические испытания на растяжение, а также оценку цитотоксичности на клетках нейробластомы человека.

Результаты показали, что сплавы состоят преимущественно из  $\beta$ -фазы. В составе с 7,5% Ta зафиксированы следы мартенситной  $\alpha'$ -фазы, что связано с меньшей концентрацией  $\beta$ -стабилизаторов [2]. Оба сплава характеризуются низким модулем Юнга (57–64 ГПа), что максимально приближает их к механическим свойствам кости. Закалка от 800 °С значительно повышает пластичность: относительное удлинение увеличивается до 15,5–19,4%. Также выявлено, что сплав с 7,5% Ta демонстрирует выраженную сверхупругую деформацию ( $\approx 1,5\%$ ), тогда как у сплава с 10% Ta этот эффект выражен слабо. Биологические испытания подтвердили отсутствие токсичности: количество живых клеток на поверхности образцов составило 95%.

Таким образом, термическая обработка позволяет управлять фазовым составом и механическими свойствами сплавов системы Ti-Nb-Ta. Наиболее перспективным для имплантатов является сплав Ti-20Nb-7,5Ta после закалки от 800 °С, сочетающий низкий модуль упругости, высокую пластичность и сверхупругость, что обеспечивает биомеханическую совместимость.

### Литература

1. Straumal B. B., Gornakova A. S., Kilmametov A. R., Rabkin E., Anisimova N. Yu., Kiselevskiy M. V.  $\beta$ -Ti-Based Alloys for Medical Applications //Russian Journal of Non-Ferrous Metals. – 2021. – Т. 62. – №. 1. – С. 54-63.
2. Inaekyan K., Brailovski V., Prokoshkin S., Pushin V., Dubinskiy S., Sheremetyev V. Comparative study of structure formation and mechanical behavior of age-hardened Ti-Nb-Zr and Ti-Nb-Ta shape memory alloys //Materials Characterization. – 2015. – Т. 103. – С. 65-74.