



Изменение структуры и фазового состава сплава Ti18Zr15Nb в результате ИПДК и отжига

Гундерова С.Д., Гундеров Д.В., Чуракова А.А.

Исследуемый материал — сплав Ti18Zr15Nb.

Ранее [2] были проведены исследования длительных отжигов от 30 мин до 12 ч на исходных закаленных и ИПДК образцах. В состоянии после ИПДК, как и в закаленном состоянии, основной фазой является β-фаза. При отжигах 350 — 500°C выделяется α-фаза. С увеличением времени выдержки содержание α-фазы увеличивается, причем, как в закаленном состоянии, так и после ИПДК. Наибольшее содержание α-фазы зафиксировано при отжиге 450°C 3-12 ч, в закаленном состоянии содержание α-фазы составило 27%, а после ИПДК—38%. При отжиге 500°C α-фаза выделяется в меньшем количестве, при 550°C — не выделяется. В данной работе проведено исследование влияния кратковременных отжигов на структуру и свойства сплава в исходном закаленном и ИПДК состоянии, поскольку такие отжики позволяют ожидать повышенный эффект памяти формы.

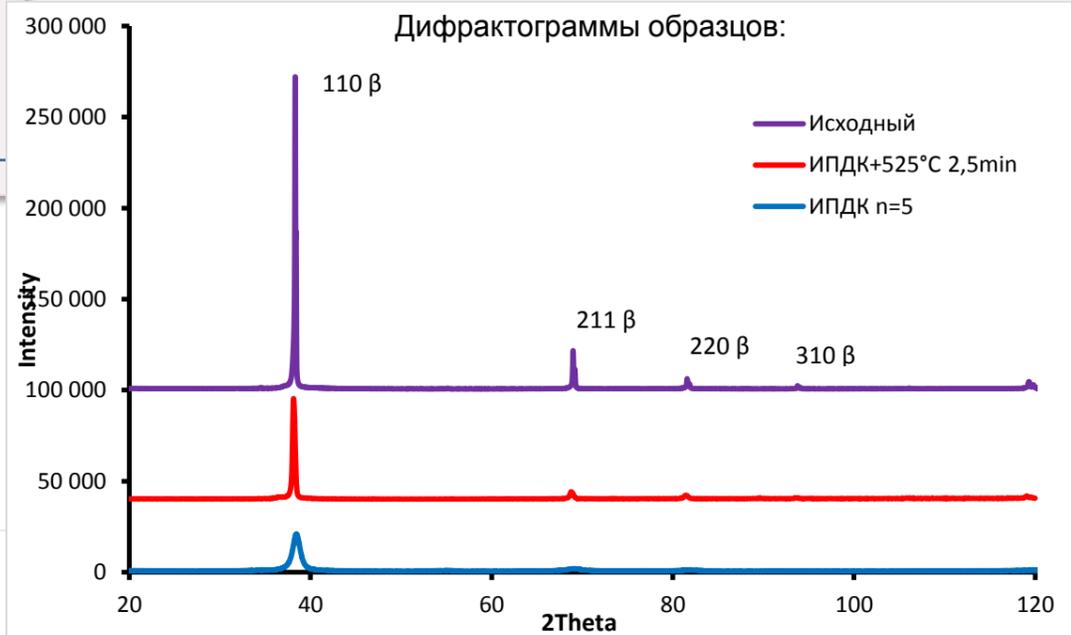
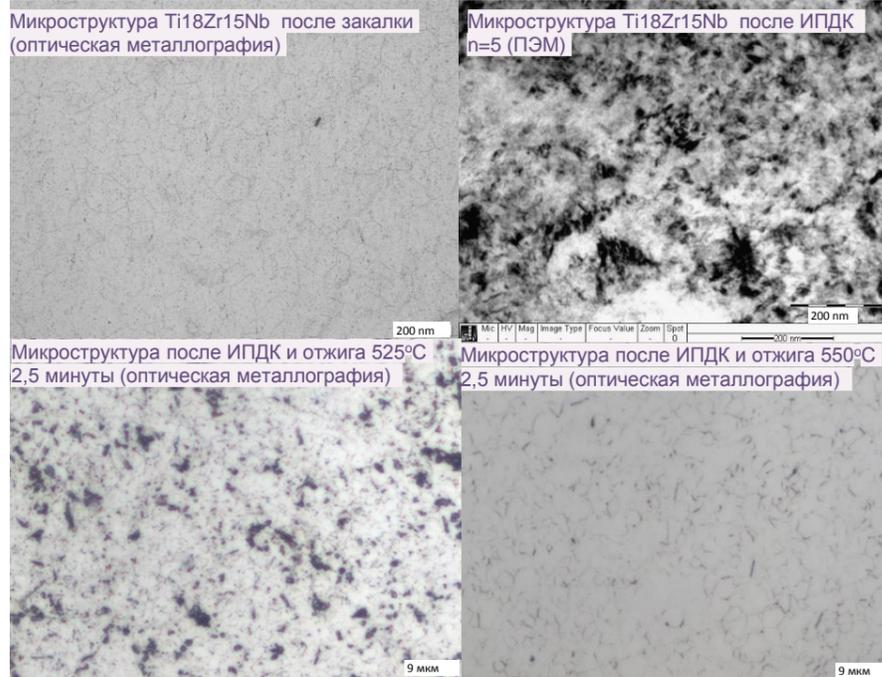


Актуальность :

для медицинского применения представляет интерес новый β-Ti сплав Ti18Zr15Nb, развиваемый командой проф. Прокошкина, НИТУ МИСиС [1]. Этот сплав обладает эффектами памяти формы (ЭПФ) и хорошо имитирует костную ткань под нагрузкой. Дополнительно повысить механические свойства позволяет интенсивная пластическая деформация (ИПД). Целью данной работы является исследование зависимости структуры и механических свойств от интенсивной пластической деформации кручением (ИПДК) и кратковременного (2,5 мин) отжига.

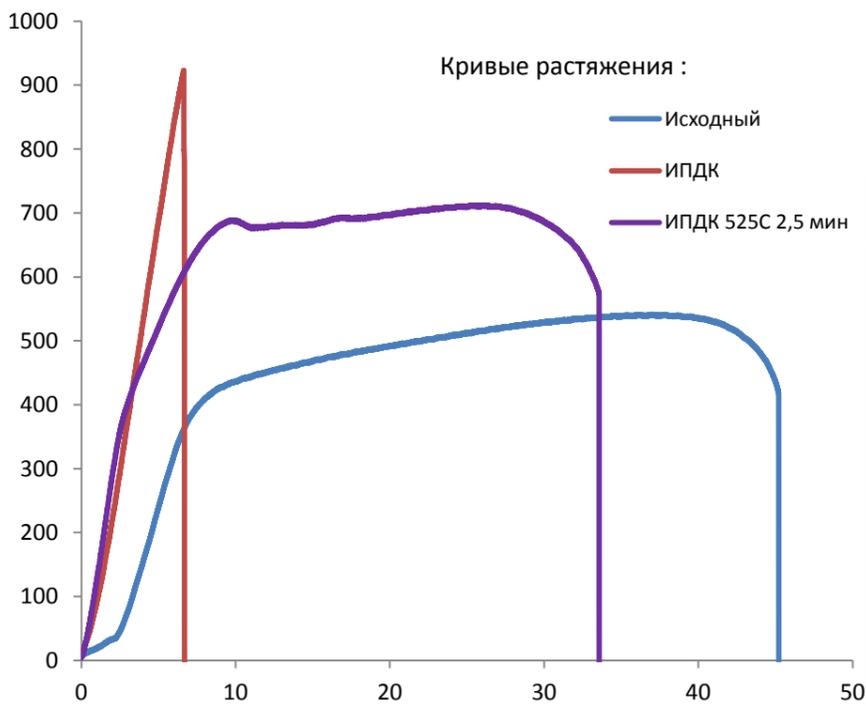
Исследование проводилось в:

- ✓ Исходном состоянии Ti18Zr15Nb после закалки (Q)
- ✓ Ti18Zr15Nb после ИПДК n=5, ø20мм, 6ГПА
- ✓ ИПДК+450°C 2,5 мин
- ✓ ИПДК + 525°C 2,5 мин
- ✓ ИПДК + 550°C 2,5 мин



В исходном состоянии сплав имел крупнозернистую (более 100 мкм) структуру β-фазы, после обработки ИПДК сформировалась наноструктура β-фазы с размерами зерна 40 нм. Последующий отжиг 450°C 2,5 мин привел к выделению α-фазы около 5%. После отжига 525 и 550°C α-фаза не обнаружена, в то же время мы видим рекристаллизацию с ростом зерна до 1.5 и 2 мкм соответственно.

ИПДК приводит увеличению прочности до 1000 МПа, но пластичность падает до 0. После ИПДК и отжига 450°C 2,5 мин пластичность повышается до 6 %, и прочность остается довольно высокой — 950 МПа. После ИПДК и отжига 525°C прочность сплава составила 650 МПа, пластичность повысилась до 26%, появился двойной перегиб на кривой растяжения, что свидетельствует о возможном сверхупругом поведении. Это результат формирования мелкого зерна с оптимальным размером. После отжига 550°C 2,5 мин пластичность падает, но прочность увеличивается. Этот результат требует дополнительных исследований.



	$\sigma_{0.2}, \text{MPa}$	σ_B, MPa	$\epsilon, \%$	FWHM	Размер зерна, мкм
Исходное состояние	338	536	36	0,137	150
После ИПДК	0	1060	0	0,947	0,04
ИПДК + Отжиг 450°C 2,5 мин.	899	945	6	0,224	
ИПДК + Отжиг 525°C 2,5 мин	382(600)	650	26	0,323	1,5
ИПДК + Отжиг 550°C 2,5 мин	526	690	16	0,169	2

Выводы: Обработка ИПДК и дополнительный кратковременный отжиг 525°C формирует в сплаве Ti18Zr15Nb мелкое зерно (1,5 мкм), повышенную прочность и пластичность. Возможно это состояние обладает повышенным эффектом памяти формы.

Работа выполнена при поддержке проекта гранта Российского научного фонда № 20-69-47029, <https://rscf.ru/project/20-69-47029/>.

1. Lukashevich, K.; Sheremetyev, V.; Komissarov, A.; Cheverikin, V.; Andreev, V.; Prokoshkin, S.; Brailovski, V. Effect of Cooling and Annealing Conditions on the Microstructure, Mechanical and Superelastic Behavior of a Rotary Forged Ti-18Zr-15Nb (at. %) Bar Stock for Spinal Implants. J. Funct. Biomater. 2022, 13, 259.
 2. Gunderov, D.; Kim, K.; Gunderova, S.; Churakova, A.; Lebedev, Y.; Nafikov, R.; Derkach, M.; Lukashevich, K.; Sheremetyev, V.; Prokoshkin, S. Effect of High-Pressure Torsion and Annealing on the Structure, Phase Composition, and Microhardness of the Ti-18Zr-15Nb (at. %) Alloy. Materials 2023, 16, 1754.