

## ОЦЕНКА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ Ti-45Nb, ПОЛУЧЕННЫХ СЕЛЕКТИВНЫМ ЛАЗЕРНЫМ СПЛАВЛЕНИЕМ

*А.В. Беляков<sup>1</sup>, М.А. Химич<sup>2,3</sup>, Е.В. Бабакова<sup>1</sup>*

Научный руководитель: доцент, к. т. н. Ж.Г. Ковалевская

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет

<sup>2</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

<sup>3</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет

E-mail: magicinlyfar@mail.ru

Метод селективного лазерного сплавления (СЛС) находит применение в производстве медицинских имплантатов, так как значительно уменьшает затраты материала, необходимого для производства готового изделия, а также позволяет создавать изделия сложных форм [1]. Особо перспективны в данной технологии сплавы на основе титана, в том числе сплавы системы Ti-Nb благодаря своим физико-механическим и биоинертным свойствам. В силу своих особенностей сплав состава Ti-45Nb имеет модуль упругости, близкий к модулю упругости костной ткани [1]. При получении изделий методом СЛС, параметры процесса, такие как скорость сканирования и мощность лазерного луча, влияют на структуру и фазовый состав сплава, что, в свою очередь, может изменить модуль упругости и нанотвердость. Поэтому в данной работе оценивалось влияние параметров СЛС на данные физико-механические характеристики сплава Ti-45Nb.

Были проведены исследования серии СЛС-образцов, полученных на установке ВАРИСКАФ 100МВС на режимах, описанных в работе [3]. Неизменными были следующие параметры: предварительный прогрев порошка – 100°C; толщина единичного слоя порошка – 50 мкм; диаметр пятна – 150 мкм; стратегия сканирования лазерного луча – строчка через строчку; шаг сканирования – 400 мкм. Изменяемыми параметрами была мощность лазера – 60, 65, 70, 75, 80 Вт при скорости сканирования 60 мм/с и скорость сканирования лазера 40, 50, 60 и 70 мм/с при мощности 80 Вт. Для СЛС использовался композитный порошок сплава Ti-45Nb, полученный механической активацией [3].

В результате СЛС были получены модельные образцы в продольном сечении площадью 8x8 мм<sup>2</sup> и толщиной ~5 мм (рис. 1а). Поверхность образцов бугристая с полостями, образующими открытую пористость (рис. 1б).

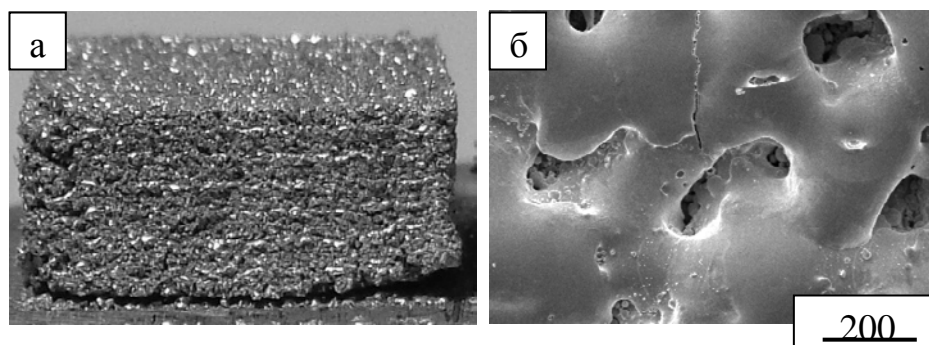


Рис. 1. Внешний вид (а) и РЭМ изображение поверхности (б) СЛС-образца из сплава Ti-45Nb

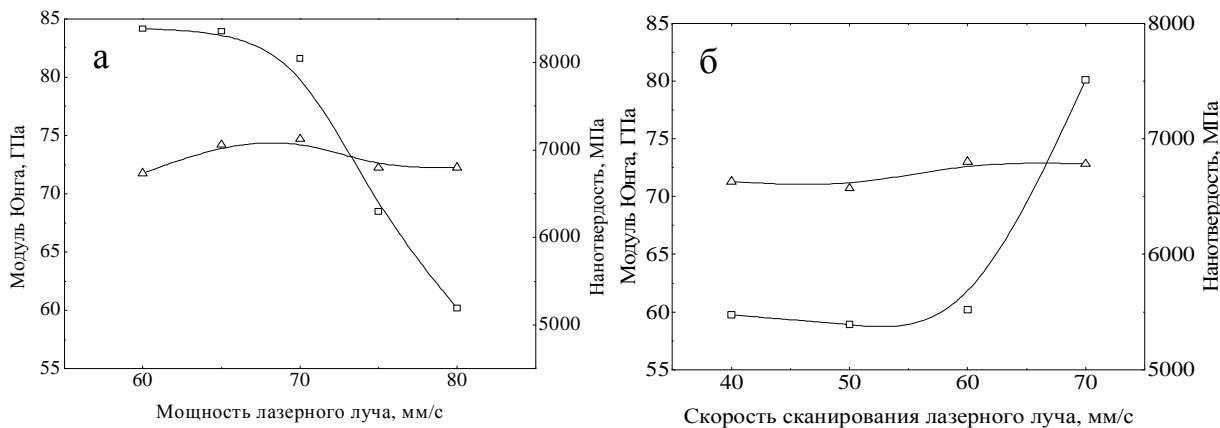


Рис. 2. Значения нанотвердости и модуля упругости СЛС-образцов в зависимости от мощности (а) и скорости сканирования лазерного луча (б)

При оценке состояния и внешнего вида образцов определено, что мощность не влияет на морфологию поверхности и открытую пористость. Со снижением скорости сканирования улучшается морфология поверхности и снижается открытая пористость. Во всех образцах, полученных при скорости 60 мм/с, объемная пористость составляет около 15%. При скорости сканирования 40 мм/с снижается до 10%.

Для измерения физико-механических свойств из всех модельных образцов были сделаны поперечные шлифы. Измерение проводилось на приборе “Nano Hardness Tester” NHT-S-AX-000X методом невосстановленного отпечатка. С помощью прибора можно определить значения нанотвердости и модуля Юнга.

Результаты оценки нанотвердости и модуля упругости модельных образцов представлены на рисунке 2.

При изменении мощности и скорости сканирования лазера значения нанотвердости практически не меняются. Во всем диапазоне применяемой мощности и скорости сканирования лазера средние значения нанотвердости составляют от 6600 до 7000 МПа при общем разбросе значений 4500–8100 МПа. На модуль упругости мощность и скорость сканирования лазера влияет в значительной степени. При мощности 60–70 Вт ее средние значения составляют 83 ГПа, а с увеличением мощности до 80 Вт модуль упругости снижается до 60 ГПа. Соответствующие значения модуля упругости характерны для образцов, полученных при скорости сканирования 40–60 мм/с. С увеличением скорости сканирования до 70 мм/с модуль упругости возрастает до 82 ГПа.

Таким образом, наименьший модуль упругости 60 ГПа характерен для модельных образцов, полученных при мощности лазера 80 Вт и скорости сканирования от 40 до 60 мм/с.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, грант № 15-19-00191.*

#### **Список литературы**

1. Li Y., Yang C., Zhao H. et al. New developments of Ti-based alloys for biomedical application // *Materials*. – 2014. – Vol. 7. – P. 1709–1800.
2. Химич М.А., Ковалевская Ж.Г., Шаркеев Ю.П. Влияние режимов селективного лазерного сплавления на структуру и фазовый состав сплава Ti-Nb // *Фазовые превращения и прочность кристаллов : тезисы IX Международной конференции (7–11 ноября 2016, Черноголовка)*. – Черноголовка, 2016. – С. 83.
3. Шаркеев Ю.П., Ковалевская Ж.Г., Химич М.А. и др. Исследование строения и фазового состава порошков Ti и Nb после механической активации // *Обработка металлов*. – 2016. – № 1. – С. 42–51.