

ПРОЧНОСТЬ И ПЛАСТИЧНОСТЬ МЕДИЦИНСКОГО СПЛАВА Ti-6Al-4V (ELI), ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЛАВЛЕНИЯ, И ИХ СВЯЗЬ С ОСОБЕННОСТЯМИ ПОСТРОЕНИЯ И СТРУКТУРЫ

И.В. ЕЖОВ¹, М.В. ИЛЬИНЫХ², Н.В. КАЗАНЦЕВА¹, А.С. ФЕФЕЛОВ², М.С. ОГНЕВА¹, Н.И. ВИНОГРАДОВА¹

¹Институт физики металлов им А.М. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

²ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург

E-Mail: ezhov@imp.uran.ru

Освоение и развитие методик получения готовых деталей из титановых сплавов с использованием аддитивных технологий. Метод селективного лазерного сплавления (СЛС) очень перспективен, особенно для медицины, поскольку позволяет получать детали сложных конструкций и учитывать персональные особенности человеческого организма. При построении деталей в установке селективного лазерного сплавления являются важными целый ряд характеристик: мощность лазера, качество и размер порошка, расстояние между слоями, качество поверхности подложки [1-2]. Все это оказывает влияние на пористость и уровень остаточных напряжений в материале и, соответственно, на его механические свойства [3-4].

Целью данной работы является исследование связи микроструктуры и прочностных характеристик с геометрией построения детали в установке СЛС.

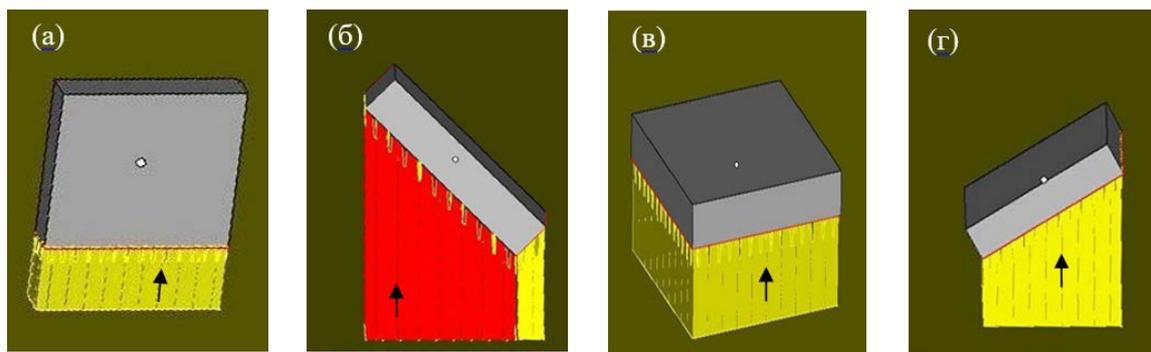


Рисунок 1 - Расположения образцов на рабочем столе установки EOS M280: а) вертикально; б) под углом 45 градусов; в) горизонтально; г) под углом 30 градусов (стрелкой указано направление построения)

Для исследования был взят порошок Ti6Al4V (ELI), произведенный компанией TLS Technik GmbH & Co. Химический состав порошка соответствовал ASTM B348 (Grade 23) стандарту для медицинских применений. Образцы из сплава Ti-6Al-4V были получены методом селективного лазерного плавления (СЛС) под углами 0°, 30°, 45°, 90°, к платформе построения. Расположение образцов на рабочем столе установки EOS M280 приведено на рисунке 1.

Образцы были получены с помощью установки EOSINT M280 (EOS GmbH), оборудованной иттербиевым волоконным лазером, работающим на длине волны 1075 нм (IPG Photonics Corp.) в Региональном инжиниринговом центре, УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. Толщина порошкового слоя была 30 мкм, использовалась схема возвратно-поступательного сканирования в атмосфере аргона с расстояниями между полосами 100 мкм, уровень кислорода в камере составил 0.07–0.12%.

В качестве эталона был взят образец из прутка промышленного медицинского сплава Ti-6Al-4V (ELI) (ASTM F136, Grade 5). Механические свойства были измерены в

Центре коллективного пользования ИФМ УрО РАН при комнатной температуре с помощью установки NanoTest, при нагрузке 32 мН и времени приложения нагрузки 10 секунд.

На рисунке 2 представлены результаты наноиндентирования образцов при нагрузке 32мН. Образец, построенный горизонтально, относительно подложки, имеет самую большую микротвердость, а самый низкий модуль упругости имеет образец, выращенный под углом 30 градусов. Результаты расчетов упругих модулей из кривых нагружения наноиндентора хорошо согласуются с результатами механических испытаний [1].

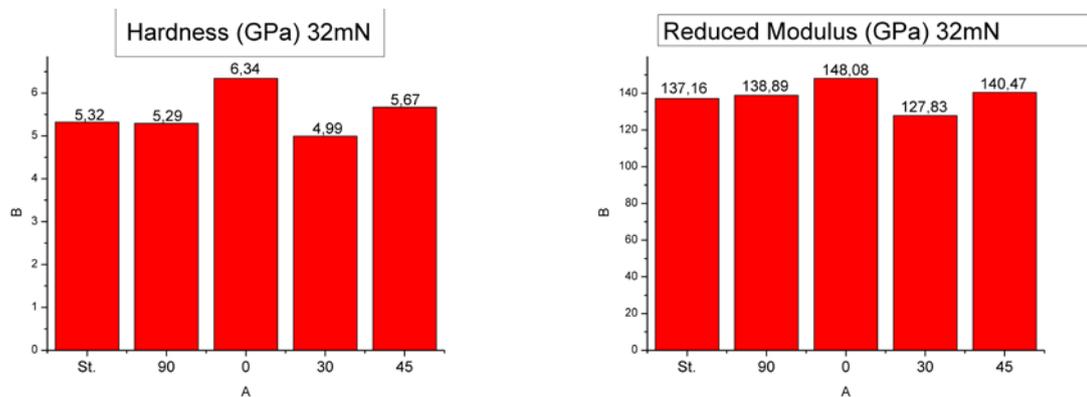


Рисунок 2 - Результаты наноиндентирования образцов при различных нагрузках

Полученные результаты сопоставляются с данными измерения электросопротивления образцов, выращенных под разными углами, относительно платформы построения.

Смещение дифракционных линий альфа фазы на рентгенограммах исследованных сплавов, полученных методом СЛС, относительно положений линий эталона свидетельствует о наличии остаточных напряжений первого рода (термических) в объеме материала, связанных с неоднородностью охлаждения образца.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-03-000-84.

Список литературы

1. I.van Zyl, I. Yadroitsava, I. Yadroitsev Residual stress in Ti6Al4V objects produced by direct metal laser sintering //South African Journal of Industrial Engineering. 2016. V. 27(4). P. 134-141.
2. E. Gordon, V. Dhokia Experimental framework for testing the finishing of additive parts // Proceedings of the 13th International Conference on Manufacturing Research (ICMR2015). P 1-6.
3. Yadroitsev I., Bertrand P. & Smurov I. Parametric analysis of the selective laser melting process // Applied Surface Science. 2007. 253(19). P.8064–8069.
4. Simonelli M., Tse Y.Y. and Tuck C. Effect of the build orientation on the mechanical properties and fracture modes of SLM Ti–6Al–4V // Materials Science and Engineering. 2014. A616. P. 1–11.