ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

**Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»,**

посвященная 90-летию со дня рождения
основателя и первого директора ИФПМ СО РАН
академика Виктора Евгеньевича Панина

в рамках

**Международного междисциплинарного симпозиума
«Иерархические материалы: разработка и приложения
для новых технологий и надежных конструкций»**

**5–9 октября 2020 года
Томск, Россия**

Томск
Издательство ТГУ
2020

DOI: 10.17223/9785946219242/319

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ 3D-ПЕЧАТИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА Ti-6Al-4V НА МИКРОСТРУКТУРУ И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ

¹Перевалова О.Б., ^{1,2}Панин А.В.

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

²НИИ Томский политехнический университет, Томск

Развитие технологии 3D печати для изготовления изделий из титановых сплавов определяет интерес к исследованиям микроструктуры и механических свойств этих изделий. В настоящее время наиболее известны следующие 3D технологии: SLM (Selective Laser Melting), EBM (Electron Beam Melting) и его разновидности – EBF³ (Electron-beam freeform fabrication) и EBAM (Electron Beam Additive Manufacturing) с использованием либо порошка либо проволоки. В настоящей работе поставлена задача проведения анализа взаимосвязи между параметрами микроструктуры и фазовым составом изделий, полученных разными 3D технологиями. С этой целью методами рентгеноструктурного анализа определялся фазовый состав, объемная доля вторых фаз (β -Ti + α' -Ti), параметры кристаллической решетки фазы α -Ti, полные среднеквадратичные смещения атомов $\langle u^2 \rangle$ в фазе α -Ti, макронапряжения. В качестве эталона выступал сплав Ti-6Al-4V в состоянии поставки после стандартной обработки (горячая прокатка и отжиг при 700°C). Методами просвечивающей электронной микроскопии с применением темнопольной методики исследовали микроструктуру и фазовый состав 3D-напечатанных образцов титанового сплава Ti-6Al-4V.

При стандартном способе обработки поликристаллический сплав Ti-6Al-4V состоит из зерен α фазы, в тройных стыках которых находятся прослойки β фазы, объемная доля которой не превышает 6 об.%. В сплаве Ti-6Al-4V, полученном по технологии 3D-печати, первичные β зерна, образовавшиеся при кристаллизации из расплава, могут иметь как столбчатую так и изотропную форму. Внутренняя структура первичных β зерен представлена зернами α фазы пластинчатой формы, унаследованных от α' -мартенсита либо возникших в результате двойникования. По границам зерен α фазы располагаются двухфазные прослойки (β + α') фаз, где нанокристаллическая α' фаза расположена в β фазе. Помимо межзеренных прослоек нанокристаллическая α' фаза находится также внутри пластинчатых зерен α фазы. Объемная доля фаз (β + α') зависит от скорости охлаждения в процессе 3D-печати и может достигать 16 об.%. Поперечный размер пластинчатых зерен α фазы находится в интервале 300-600 нм в зависимости от размера первичного β зерна и тем больше, чем больше размер первичного β зерна. Объемная доля (β + α') фаз тем больше, чем больше поперечный размер пластинчатых зерен α фазы.

Длительный прогрев изделия в процессе печати в температурной области β фазы приводит к росту первичного зерна, к увеличению размеров пластин α фазы и появлению макронапряжений растяжения. Образование α' фазы является процессом, релаксирующим макронапряжения растяжения. Кристаллическая решетка α фазы в напечатанных образцах характеризуется большими среднеквадратичными смещениями атомов, что создает предпосылки для фазового перехода $\alpha \rightarrow \alpha'$. Повышенные значения смещений атомов обусловлены как попаданием остаточного кислорода из вакуумной камеры в процессе 3D-печати, так и наличием атомов ванадия в α фазе из-за высокой скорости охлаждения. Наличие α' фазы обуславливает увеличение пластичности при увеличении прочностных характеристик сплава Ti-6Al-4V, полученного 3D-печатью.

Работа выполнена при поддержке Проекта РНФ 18-19-00559