ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

DOI: 10.17223/9785946218412/351

**ОБРАЗОВАНИЕ α'' МАРТЕНСИТА В ТИТАНОВОМ СПЛАВЕ Ti-6Al-4V,
ПОЛУЧЕННОМ МЕТОДОМ 3D-ПЕЧАТИ**

¹Перевалова О.Б., ^{1,2}Панин А.В., ¹Казаченок М.С.

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск

Метод 3D-печати для получения изделий из титановых сплавов в настоящее время активно развивается. Это обусловлено широким спектром применения титановых сплавов. Наиболее экономичным является метод, основанный на плавлении подаваемого проволочного материала под действием электронного пучка (EBF³). Однако особенностью данного метода является достаточно большой размер наследственного β -зерна, достигающий нескольких миллиметров. Для уменьшения β -зерна применяется водяное охлаждение подложки, на которую послойно наращивается изделие. При аддитивных технологиях с различными видами плавления порошка не всегда удается получить двухфазную ($\alpha + \beta$) структуру сплава Ti-6Al-4V, оптимальную для механических характеристик [1]. Появляется α'' фаза, присутствие которой понижает предел текучести и увеличивает пластичность. В связи с этим в настоящей работе поставлена задача исследования влияния охлаждения подложки в процессе 3D-печати на размер β -зерна, фазовый состав и параметры кристаллической решетки α -Ti в образцах сплава Ti-6Al-4V.

Материалом исследования являлся титановый сплав Ti-6Al-4V. Образцы были изготовлены путем плавления проволоки диаметром 1.6 мм плазменным источником энергии в вакуумной камере при давлении 1.3×10^{-3} Па и ускоряющем напряжении 30 кВ. Процесс 3D-печати проводился как с водяным охлаждением подложки, так и без охлаждения. Рентгеноструктурные исследования (РСА) осуществлялись на дифрактометре ДРОН-7 в Co K_{α} -излучении, определялся фазовый состав, объемная доля вторых фаз (β -Ti + α'' -Ti), параметры кристаллической решетки фазы α -Ti и полные среднеквадратичные смещения атомов $\langle u^2 \rangle$ в фазе α -Ti. Упругую макродеформацию в поверхностных слоях определяли при асимметричной рентгеновской съемке (метод $\sin^2\psi$). Методом просвечивающей дифракционной электронной микроскопии (ПЭМ) на электронном микроскопе JEM 2100 исследовали микроструктуру и фазовый состав.

При водяном охлаждении подложки поперечный и продольный размеры β -зерен в образце уменьшаются втрое по сравнению с образцом, получаемым без охлаждения и составляют 0.5 мм и 2.5 мм соответственно. Методом РСА установлено, что при охлаждении подложки возрастает интенсивность пика 011 β -Ti. Объемная доля β -Ti в образце с охлаждением оказывается вдвое больше, чем в образце без охлаждения, и составляет 4%. Фаза α'' -Ti отсутствует. Объемная доля вторых фаз (β -Ti и α'' -Ti) в образцах, полученных с охлаждением подложки водой, варьируется в пределах 4-6%, тогда как без водяного охлаждения - 8-14%. В образцах, изготовленных без охлаждения, фаза α'' -Ti выявляется как методом РСА так и методом ПЭМ. Эта фаза является нанокристаллической и располагается на границах зерен. Вероятной причиной увеличения объемной доли фазы α'' -Ti в образцах без водяного охлаждения может являться наличие остаточного кислорода, который всегда присутствует в вакуумной камере. Косвенным доказательством наличия атомов внедрения являются высокие значения параметров a и c и полных среднеквадратичных смещений атомов в кристаллической решетке α фазы. Увеличение смещений атомов создает неустойчивое состояние в кристаллической решетке α фазы, создавая предпосылки для фазового перехода $\alpha \rightarrow \alpha''$.

1. Dirk Herzog, Vanessa Seyda, Eric Wycisk, Claus Emmelmann. Additive manufacturing of metals. // Acta Materialia. 2016. 117. P.371-392.