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: 10.17223/9785946218412/358

**МИКРОСТРУКТУРА, ДЕФОРМАЦИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА Ti-6Al-4V, ПОЛУЧЕННЫХ
МЕТОДАМИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

¹Панин А.В., ²Колмаков А.Г., ³Чижик С.А. ⁴Хейфец М.Л., ⁴Чугуй Ю.В.

¹*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск*

²*Институт металлургии и материаловедения имени А. А. Байкова РАН, Москва*

³*Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, Минск*

⁴*ГНПО «Центр» НАН Беларуси, Минск*

⁵*Конструкторско-технологический институт научного приборостроения СО РАН,
Новосибирск*

Получение трехмерных металлических изделий методом аддитивных технологий основано на плавлении металлического порошка или проволоки лазерным или электронным лучами. При этом формирование нового слоя осуществляется как путем предварительного нанесения порошкового материала на платформу, его разравнивания с целью получения тонкого слоя и последующего его расплавления, так и путем прямой подачи порошка или проволоочного материала в ванну расплава. Достоинством электронно-лучевой плавки (англ. Electron-beam melting, EBM) является то, что данный процесс происходит в вакууме, что позволяет получать качественные изделия из титана и титановых сплавов, характеризующихся высокой химической активностью при повышенных температурах. Кроме того, структура материала, полученного в результате плавления электронным лучом порошковых смесей различного состава, часто оказывается существенно лучше, чем при использовании вневакуумных лазерных технологий (англ. Selective laser melting, SLM). В то же время, диаметр пятна электронного пучка в зоне расплава составляет 0,2-1,0 мм, что на порядок больше, чем в случае использования лазера. По этой причине по чистоте поверхности и точности изготовления электронно-лучевые технологии значительно уступают лазерным технологиям 3D-печати. В свою очередь, неоспоримым преимуществом аддитивных технологий, основанных на плавлении подаваемого проволоочного материала (англ. Electron Beam Free-Form Fabrication, EBF³), является практически 100% эффективность использования расходного материала, а также чрезвычайно высокая скорость послойного выращивания, которая достигает 2500 см³/час. В настоящей работе проведен сравнительный анализ микроструктуры образцов титанового сплава Ti-6Al-4V, полученных методами электронно-лучевой плавки и селективного лазерного плавления соответствующего порошка или проволоки, и продемонстрировано влияние микроструктуры на их деформационное поведение и механические свойства при статическом и динамическом нагружении.

Методами рентгеноструктурного анализа (Shimadzu XRD-7000), оптической (Carl Zeiss Axiovert 40 MAT) и просвечивающей дифракционной электронной микроскопии (JEM 2100) исследовали микроструктуру и фазовый состав 3D-напечатанных образцов титанового сплава Ti-6Al-4V. Анализ элементного состава образцов Ti-6Al-4V проводили на электронном микроскопе JEM-2100, оборудованном приставкой Oxford Instruments INCAx-act для микрорентгеноспектрального анализа.

Показано, что в процессе электронно-лучевого или лазерного плавления металлического порошка, нанесенного тонким (20-100 мкм) слоем на плиту построения, размер длительность существования ванны расплава, а, следовательно, степень нагрева прилегающих областей, оказываются существенно меньше, чем в случае электронно-лучевого плавления титановой проволоки, диаметром которой достигает 1 мм. Как следствие, титановые изделия, полученные EBF³ – методом обладают более крупнозернистой структурой в отличие от значительно более мелкозернистой структуры изделий, полученных методами EBM и SLM.

Изучены закономерности деформации и разрушения 3D-напечатанных образцов Ti-6Al-4V в процессе одноосного статического растяжения (INSTRON 5582) и испытаний на ударный изгиб по Шарпи (Instron 450MPX). Показано, что образцы Ti-6Al-4V, полученные EBF³ – методом, характеризуются пониженными значениями условного предела текучести и предела прочности, однако более высокой ударной вязкостью по сравнению с образцами, полученными EBM и SLM методами.