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: 10.17223/9785946218412/354

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СВАРНОГО ШВА В 3D-НАПЕЧАТАННЫХ
ИЗДЕЛИЯХ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА Ti-6Al-4V**

^{1,2}Яхин А., ^{1,2}Панин А. В.

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

²Томский политехнический университет, Томск

В настоящее время весьма перспективным и новым направлением в машиностроении и технике является изготовление деталей методами аддитивных технологий. Суть применения данных технологий заключается в создании модели путем наслаивания вещества. Основными преимуществами данных технологий является удобство и скорость изготовления деталей с сохранением требуемых свойств, широкий ассортимент используемых материалов, а также экономичность, поскольку отходы практически отсутствуют. В связи с этим целесообразно использование аддитивных технологий для печати из металлов. Получение металлической модели связано с применением в аддитивном производстве различных сварочных технологий.

Особенно актуально применение 3D-печати в авиастроении, для получения изделий из титановых сплавов, например, из сплава Ti-6Al-4V. Однако методы послойного синтеза и формирование объемных изделий концентрированными потоками энергии (лазерными, электронными, ионными) не позволяют на данный момент полностью задавать требуемые свойства ввиду наличия в получаемом изделии дефектов, несовершенства структуры, внутренних напряжений. Поэтому размер получаемых деталей не может быть слишком крупным, и невозможно напечатать полностью конечное изделие, в связи с чем, остается необходимость в сварке узлов и деталей между собой. Получение изделий из сплава Ti-6Al-4V методом 3D-печати и изучение их свариваемости имеет важную практическую значимость как для авиа-ракетостроения, так и для всего машиностроения в целом.

В исследовании представлено изучение сварных швов в образцах из титанового сплава Ti-6Al-4V. Электронно-лучевая сварка проводилась для образцов, полученных прокаткой (в состоянии поставки) и для аддитивно полученных образцов методом электронно-лучевого сплавления. Процессы сварки и 3D-печати осуществлялись на установке электронно-лучевой сварки 6E400 (ООО «НПК ТЭТа», Томск). Микроструктуру образцов изучали на оптическом микроскопе ZEISS AXIOVERT 40 MAT. Микротвердость измеряли на твердомере ПМТ-3 при нагрузке 100 грамм.

Проведен сравнительный анализ микроструктуры шва и зоны термического влияния в прокатанных образцах, и в образцах, полученных методом 3D-печати. Продемонстрировано влияние толщины свариваемых пластин. Показано, что при электронно-лучевой сварке образцов Ti-6Al-4V, полученных как прокаткой, так методом аддитивных технологий, наблюдается несколько сварочных зон: основной металл, зона термического влияния и зона сварного шва. Микроструктура последней представляет собой вытянутые β -зерна с игольчатой α' -фазой. При этом, средний размер зерен, образованных в прокатанных и 3D напечатанных образцах, существенно отличается. Обнаружено, что в зоне термического влияния у образцов Ti-6Al-4V, полученных методом прокатки, происходит рост и образование мелких равноосных зерен, в отличие от зоны термического влияния образца, полученного аддитивными методами, где этого не наблюдается. Исходя из результатов металлографического анализа предполагается повышение концентрации α' -фазы в направлении от основного металла к сварному шву.

Анализ распределения микротвердости в сварном шве исследуемых образцов показал, что в центре сварного шва максимум значений микротвердости (Таблица 1). Микротвердость в зоне термического влияния у проката сопоставима с микротвердостью основного металла, в отличие от зоны термического влияния 3D напечатанных образцов, где твердость имеет тенденцию к снижению.

Таблица 1. Значения микротвердости в разных зонах сварки.

Образец	Основной металл	ЗТВ*	Сварной шов
Прокат	3900-4000	4100-4500	4500-5100
3D-печать	4000-4200	3800-4400	4400-4900
*зона термического влияния			