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: 10.17223/9785946218412/334

**ТОЧНОСТЬ ПОСТРОЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ
АДДИТИВНЫМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫМ МЕТОДОМ**

¹Калашников К.Н., ¹Осипович К.С., ¹Калашникова Т.А.

¹*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск
sso.spektr.asu@gmail.com, osipovich_k@mail.ru, gelombang@ispms.ru*

В настоящее время аддитивные технологии, ранее известные лишь как способ 3D-печати изделий различной формы и размеров из пластика, все более прочно укрепляются в современной металлургии. Для получения металлических изделий методами 3D-печати уже разработаны различные виды специализированного оборудования для аддитивных технологий. Существует достаточно много самостоятельных аддитивных методов, имеющих свои положительные и отрицательные стороны. Классифицировать данные технологии можно на основе используемых источников излучения или на основе используемых материалов. В первом случае методы подразделяются на лазерные, электронно-лучевые и дуговые. Лазерные технологии обеспечивают очень высокую мощность излучения в процессе печати, что позволяет обеспечить высокую скорость производства. Электронно-лучевые технологии применяются исключительно в условиях вакуума, но при этом имеют преимущество перед лазерными, поскольку имеют более низкую стоимость и также обеспечивают высокую скорость печати. Во втором случае методы подразделяются на порошковые и проволоочные. Порошковые методы аддитивного производства металлических изделий служат для получения в основном малогабаритных изделий, за счет чего к ним предъявляются очень высокие требования к точности построения [1]. Обычно детали, полученные порошковыми методами, являются пористыми, что позволило использовать эти технологии в медицинской области для изготовления имплантатов. При этом порошковые методы можно отнести как к лазерным (например, SLM), так и электронно-лучевым технологиям (EBM). Что касается проволоочных технологий, то они могут быть как лазерными (DLD) и электронно-лучевыми (EBAM), так и дуговыми (WAAM) [2]. Обычно, к изделиям, полученным такими методами, не предъявляют серьезных требований к точности построения, поскольку изделия выращиваются в основном крупногабаритные, однако при этом должна быть соблюдена необходимая форма детали. В противном случае несоблюдение необходимой точности построения приведет к лишним затратам материала. Из этого следует, что необходимо исследовать факторы, влияющие на правильность построения деталей. Таким образом, в представленной работе была поставлена цель исследовать точность построения изделий из нержавеющей стали 12X18H9T, полученных методом электронно-лучевого проволоочного аддитивного производства.

Для достижения поставленной цели был изготовлен ряд образцов в форме стенок высотой от 10 до 30 мм и длиной от 50 до 100 мм. Образцы были получены в Лаборатории Контроля Качества Материалов и Конструкций ИФПМ СО РАН на специальном оборудовании для электронно-лучевого аддитивного производства. Из полученных образцов на электроискровом станке вырезались темплеты для металлографических исследований. Исследования темплетов проводились на оптическом микроскопе Альтами MET-1C.

Исследования показали, что на точность построения изделий влияет температурный режим, определяемый мощностью электронного пучка, геометрия подачи проволоки и траектория печати образцов. Было выявлено, что при неоптимальном подборе мощности электронного пучка толщина формируемого изделия варьируется в зависимости от участка. Так в зоне, граничащей с подложкой, за счет быстрого охлаждения формируются тонкие слои материала высотой 1 мм. При удалении от подложки охлаждение оказывается недостаточным, и ширина и высота слоев изменяются. В итоге стенка уширяется, а фактическая высота становится значительно меньше заданной. Такой недостаток устраним за счет увеличения мощности пучка при печати первого слоя и дальнейшем его уменьшении при росте стенки.

Секция 7. Аддитивные технологии формирования материалов, изделий и конструкций с иерархической структурой

Так же положительно сказывается увеличение плотности пучка за счет изменения диаметра развертки.

Влияние геометрии подачи проволоки и стратегии печати оказывает влияние на построение заданной формы. Так, при слишком остром угле подачи проволоки наблюдается отклонение стенки от вертикали. Влияние стратегии печати заключается в следующем: при нанесении слоев материала в одном направлении происходит неравномерное построение стенки по длине, поскольку происходит перенос металла к ранее нагретой зоне, в итоге высота стенки на начальном участке выше, чем на конечном. При разнонаправленной стратегии печати, когда направление печати изменяется от слоя к слою, данный эффект не наблюдается.

Таким образом, при выполнении данной работы было выявлено, что на точность получаемых электронно-лучевым проволочным методом изделий значительное влияние оказывают как геометрические параметры, так и параметры электронного пучка. При неправильно подобранных режимах не удастся достичь заданной формы изделия. Из этого следует, что подбор параметров процесса электронно-лучевого аддитивного производства образцов из нержавеющей стали 12X18H9T должен заключаться не только в подборе значений ускоряющего напряжения, тока пучка и типа развертки, но и в выборе оптимальной стратегии печати и геометрии подачи проволоки.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, направление III.23.

1. Sing S.L., An J., Yeong W.Y. and Wiria F. Laser and electron-beam powder-bed additive manufacturing of metallic implants: A review on processes, materials and designs // *Journal of orthopaedic research: official publication of the Orthopaedic Research Society*. 2013. № 34(3). pp. 369–385.
2. Ding D., Pan Z., Cuiuri D. [et al.] Wire-feed additive manufacturing of metal components: technologies, developments and future interests // *Int J Adv Manuf Technol*. 2015. 81. pp. 465–481.