

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»

Томск
Издательский Дом ТГУ
2019

DOI: 10.17223/9785946218412/356

СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ
АЛЮМИНИЕВО-МАГНИЕВОГО СПЛАВА

Воронцов А.В., Утяганова В.Р., Шамарин Н.Н., Дмитриев А.В.
Институт физики прочности и материаловедения, Томск

Высокая теплопроводность и отражательная способность алюминиевых сплавов в значительной степени влияют на выбор метода обработки. Также существует ряд проблем, связанных с образованием оксидной пленки на поверхности сплава при его термической обработке, испарение легкоплавких легирующих элементов, повышенное порообразование. В аддитивных технологиях широкое применение находят методы дуговые аддитивные технологии, происходящие в защитной среде, а также порошковая лазерная аддитивная технология. Подобные методы имеют общие проблемы такие как образование оксидов в процессе печати, пористость.

При электронно-лучевой технологии, в отличие от дуговой и лазерной технологии, весь процесс печати происходит в вакууме, что обеспечивает защиту от появления оксидов. Одним из распространенных алюминиевых сплавов являются сплавы системы Al–Mg. При сравнительно невысокой стоимости материала Al–Mg сплавы имеют хорошие конструкционные свойства. Известной проблемой сплавов системы Al–Mg в аддитивной технологии является выгорание Mg. При печати электронно-лучевым методом это проблема является одной из главных. Выгорание магния при электронно-лучевой аддитивной технологии довольно подробно изучалось [7,8]. Авторы приходят к выводу, что данная проблема решается применением первоначального сырья с повышенным содержанием магния.

В этой работе, для получения изделия в виде стенки из сплава AMg5 использовали электронно-лучевую проволочную аддитивную технологию.

В процессе формирования изделий электронно-лучевой проволочной аддитивной технологией использовали алюминиево-магниевый сплав AMГ5 в виде проволоки, диаметром 1,2мм.

Параметры электронного пучка в процессе печати были следующие: напряжение на аноде было постоянным на протяжении всего процесса печати и составляло 30 кВ, ток электронного пучка нелинейно варьировался в зависимости от количества напечатанных слоев. На первом слое ток пучка составлял 45,0 мА, далее постепенное уменьшение тока пучка до 23,07 мА на верхнем слое. Количество напечатанных слоев составило 15. Скорость подачи проволоки была 1,9 м/мин.

В результате процесса электронно-лучевой проволочной аддитивной технологии получили образец высотой 16,0 мм. Протяженность стенки (слоев) составила 75 мм, толщина стенки варьировалась от 4,0 до 6,0 мм. На рис. 1а представлен график распределения энергозатрат на каждый слой с учетом варьирования тока электронного пучка в процессе печати.

На рис. 1б приведено изображение полученного образца в поперечном сечении при 50 кратном увеличении. В полученном образце как в нижних, так и в верхних слоях наблюдаются поры. Очевидно влияние теплофизических свойств в процессе печати. Из-за большой теплопроводности, формирование первых слоев происходило нестабильно, наблюдается неравномерное распределение материала до слоя №7. Выше слоя №7 процесс более стабилен, наблюдаются более ровные внешние края полученного образца, хотя пор избежать так и не получилось.

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

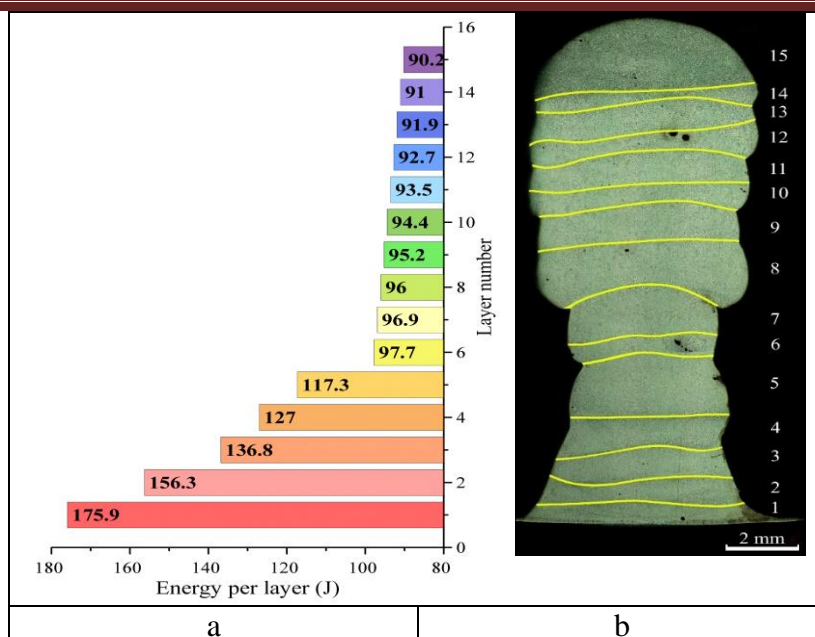


Рис. 1 а – расчет послойного распределения энергии в процессе электронно-лучевой проволочной аддитивной технологии АМГ5, б – макроструктура образца, полученного электронно-лучевой проволочной аддитивной технологией, желтыми линиями выделены границы между слоями

Проведенные измерения микротвердости образца показали также неравномерное распределение значений микротвердости по высоте. На рис. 2 показано распределение микротвердости от подложки до верхнего слоя и приведена статистика распределения полученных данных. Из графика очевидно, что зависимость снижения значений микротвердости линейная. Исходя из этой зависимости полагаем, что в процессе печати Al-Mg сплава, слои находящиеся внизу и подверженные более длительному по времени тепловому воздействию испытывают отжиг в следствие чего более равномерное распределение легирующих элементов.

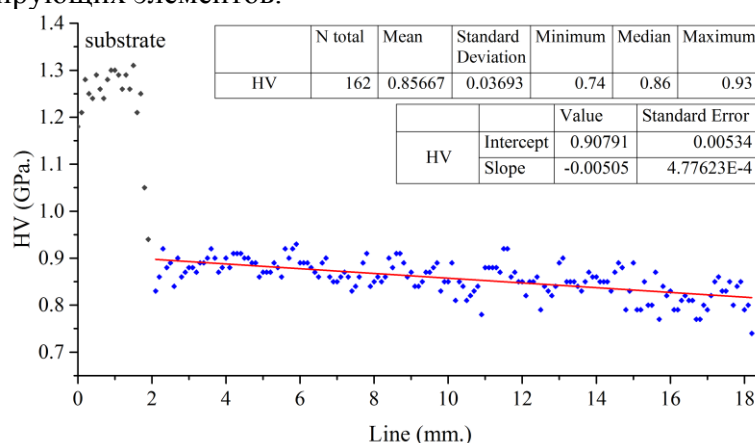


Рис. 2 Распределение значений микротвердости напечатанного образца АМГ5
 Предел прочности испытанного листового проката АМГ5 составляет 317 ± 2 МПа. Проведенные механические испытания показали предел прочности $\sigma_b = 257 \pm 2$ МПа при деформации $32 \pm 1\%$. Мы думаем, что снижение прочности обусловлено двумя факторами. Во-первых, это выгорание магния как основного легирующего элемента. Во-вторых, это отожженное состояние в котором находится напечатанный образец после процесса электронно-лучевой проволочной аддитивной технологии.

Финансирование

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