

Ян Юйси (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Зенин Борис Сергеевич,
канд. физ.-мат. наук, доцент

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛА ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ЕВМ (ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ПЛАВКИ) И ЛАЗЕРНОЙ SLM (СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЛАВЛЕНИЯ) ОБРАБОТКОЙ МЕТОДАМИ АДДИТИВНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Введение

Методы аддитивных производств (АП) могут значительно изменить современную обрабатывающую промышленность. Эта технология управляется компьютерным программированием и программным обеспечением. Простота вычислений и манипулирования данными является основным положительным моментом для развития АП. Увеличение количества исследований в области АП обусловлено необходимостью прототипирования на этапе разработки продукта. АП непосредственно участвует в процессе прототипирования, сокращая время и отходы материалов, используемых в процессе [1-2].

В данном исследовании объектом моделирования является процесс электронно-лучевого или лазерного аддитивного плавления металлического порошка электронным или лазерным лучом. Модель представляет собой отражение физических процессов, протекающих вследствие теплового воздействия электронного и лазерного луча на поверхность слоя металлического порошка.

Цель данной работы заключается в сравнении технических параметров электронно-лучевого плавления и селективного лазерного спекания и влияния на них физических свойств модельного материала путем изменения такого параметра, как толщина слоя порошка, с использованием построенных моделей. В качестве заданного порошкового металлического материала выступает титан.

Необходимые параметры для расчетов – физические характеристики данного металла титана – приведены в таблице 1. (Температура плавления $T_{пл}$, плотность ρ , теплоёмкость c , скрытая теплота плавления L , коэффициент поглощения лазерного излучения металлом $k\lambda$.)

Таблица 1

Физические характеристики титана

Материал	Тпл, К	ρ , кг/м ³	c , Дж/кг*К	L, Дж/кг	$k\lambda \text{ Ar} + \lambda$
Титан	1941	4505	532	392754	0,48

Физическая модель

Упрощенные физические модели двух методов – SLM и EBM – очень мало отличаются, физическая модель в этом разделе показывает процесс аддитивного плавления высокоэнергетическим (ВЭ) лучом [3-4]. Как показано на рисунке 1 а), пятно ВЭ луча диаметром d движется со скоростью v по поверхности насыпного слоя металлического порошка толщиной h , при этом передавая мощность W на объем титанового порошка. Для того чтобы упростить расчет энергетических условий для формирования слоя материала, мы рассматриваем форму пятна электронного пучка как квадрат с длиной стороны, равной a , как представлено на рис 1 б).

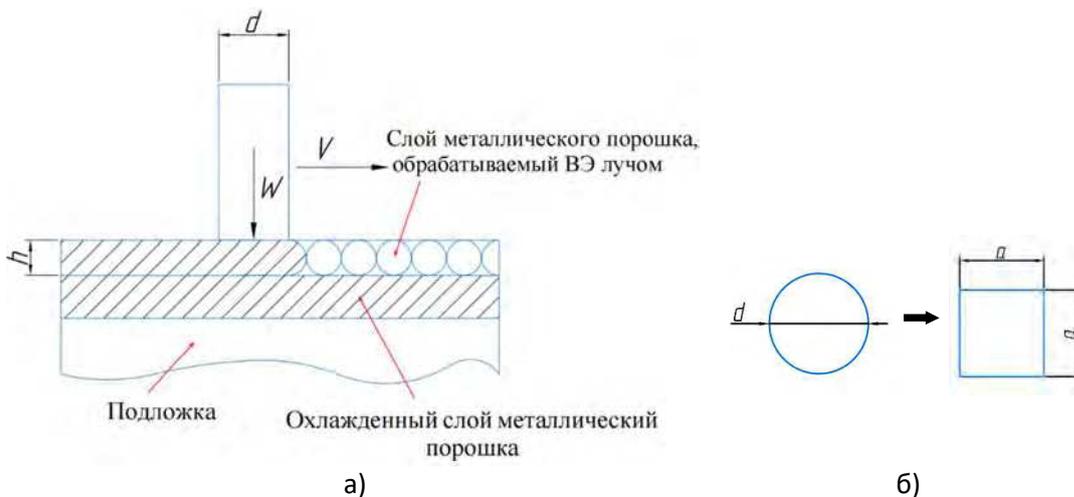


Рис 1. а) Физическая модель процесса аддитивного плавления ВЭ лучом
 б) Форма пятна луча

Математическая модель

В основе модели лежит уравнение теплового баланса $dW = (Q_1 + Q_2) \cdot t$, где dW - мощность электронного луча, падающего на элементарный участок, Q_1, Q_2 – количество теплоты, которое необходимо сообщить слою порошка для нагрева до температуры плавления Q_1 и оплавления частиц Q_2 , t – время нагрева.

Для описания процесса плавления высокоэнергетическим лучом введем следующие технологические параметры обработки металлического порошка – физические свойства материала порошка:

Эти данные были получены при обработке порошка металлического титана двумя методами – электронно-лучевой плавки и селективного лазерного сплавления (рис. 2).

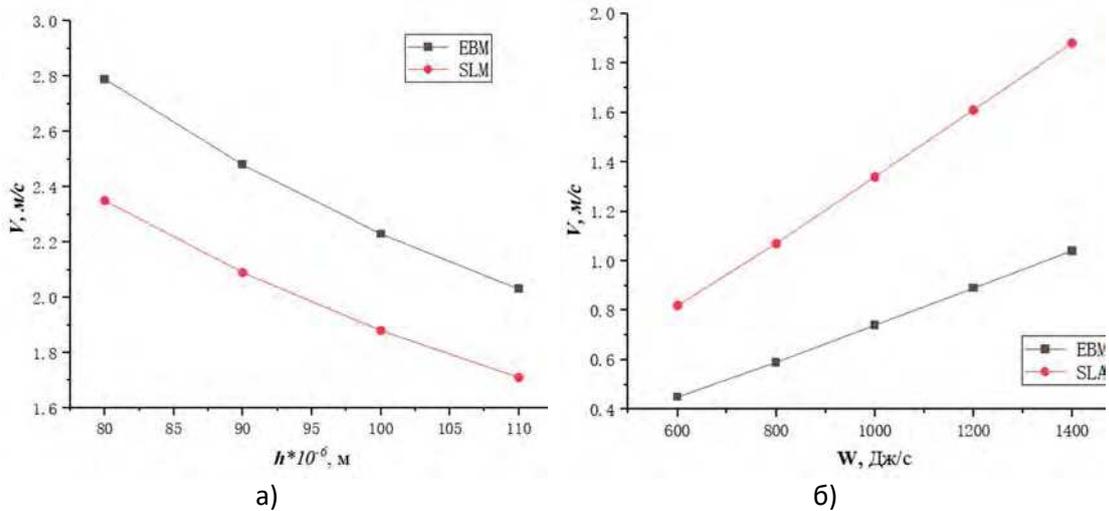


Рис. 2. а) Зависимость скорости движения электронного и лазерного луча от толщины слоя порошка
 б) Зависимость скорости движения электронного луча от задаваемой мощности

По результатам видно, что, когда селективное лазерное спекание и электронно-лучевое спекание работают на максимальной мощности, очевидно, что скорость движения электронного луча больше. Когда параметры управления одинаковы для обеих мощностей, больше скорость движения лазерного луча. Это можно объяснить меньшим размером диаметра лазерного луча и, следовательно, меньшим объемом расплавляемого порошка. Мы делаем вывод, что EBM-технология более эффективная, чем SLM.

Полученные результаты показывают, что EBM по сравнению с SLM имеет высокую скорость построения получаемого материала благодаря высокой мощности излучателя.

Мы знаем, что КПД лазерного луча меньше, чем КПД электронного из-за сильного отражения от металлической поверхности за счет $k\lambda$. Электронный луч обрабатывается в вакууме, что обеспечивает чистоту среды в процессе обработки и при этом дает высокий КПД (до 90 %), существенно превосходящий аналогичный показатель для лазерной обработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kamal, N.L.M., Bas, Y. Materials and technologies in road pavements-an overview // Materials Today: Proceedings. – 2021. – Vol. 42. – P. 2660–2667.

2. Agapovichev, A.V., Khaimovich, A.I. et al. Multiresponse Optimization of Selective Laser Melting Parameters for the Ni-Cr-Al-Ti-Based Superalloy Using Gray Relational Analysis // *Materials*. – 2023. – Vol. 16(5), 2088 (<https://www.mdpi.com/1996-1944/16/5/2088>).
3. Gusarov, A.V., Smurov, I. Modeling the interaction of laser radiation with powder bed at selective laser melting // *Physics Procedia*. – 2010. – Vol. 5. – P. 381–394.
4. Yan, W., Ge, W., Smith, J., Lin, S., Kafka, O.L., Lin, F., Liu, W.K. Multi-scale modeling of electron beam melting of functionally graded materials // *Acta Materialia*. – 2016. – Vol. 115. – P. 403–412.
5. Vayre, B., Vignat, F., Villeneuve, F. Identification on Some Design Key Parameters for Additive Manufacturing: Application on Electron Beam Melting // *Procedia CIRP*. – 2013. – Vol. 7. – P. 264–269.
6. Galati, M., Iuliano, L. A literature review of powder-based electron beam melting focusing on numerical simulations // *Additive Manufacturing*. – 2018. – Vol. 19. – P. 1–20.
7. Зленко, М.А., Попович, А.А., Мутылина, И.Н. Аддитивные технологии в машиностроении. – СПб.: Издательство политехнического университета, 2013. – 212 с.

Яхья Мохаммад (Сирия)

Московский авиационный институт
(Национальный исследовательский университет), г. Москва

Научный руководитель: Неретин Евгений Сергеевич,
канд. техн. наук, заведующий кафедрой

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ НАДЁЖНОСТИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ

Введение

С момента начала осуществления гражданских воздушных перевозок конструкторы постоянно стремятся повысить надежность оборудования, используемого на борту летательного аппарата. На сегодняшний день применяются следующие основные методы повышения надежности [1]:

- аппаратное резервирование;