

Выводы

Исследование временной зависимости объема пор при спекании разных порошков показало, что, для образцов, полученных из плазмохимического порошка, тенденция снижения относительного объема пор сохраняется даже после изотермической выдержки в течение 20 ч. Исследования относительного объема пор от продолжительности изотермической выдержки подтвердили сложный характер этого процесса. Вместе с тем данные исследования дают материал для дальнейшего развития и углубления феноменологического анализа процессов, обуславливающих уплотнение спекаемого тела.

Работа проводилась в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, номер проекта FWRW-2021-0009

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОСЛОЙНОГО СПЕКАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ В АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

ЯН ЮЙСИ^{1,2}, Б.С.ЗЕНИН¹

¹Томский политехнический университет

²Шеньянский политехнический университет

E-mail: yuysi1@tpu.ru

Объектом исследования является процесс формирования отдельного слоя материала в процессе электронно-лучевого аддитивного плавления. Целью работы является определение оптимального режима изготовления металлического изделия с помощью селективного электронно-лучевого спекания.

Электронно-лучевая плавка стали (в основном Fe, Fe > 45%), тугоплавких металлов и сплавов на основе Ti, Ni, Nb, Ta, Zr, Co и других находит все более широкое применение в мировой практике, так как позволяет достигать высокой степени рафинирования, получать слитки с хорошей поверхностью и мелкой однородной структурой. [1-2] Сначала были определены металлические материалы применяемым в аддитивных технологиях, и следующие три подходящих металла были выбраны по таким причинам, как имеющие различные характеристики, таблица 1.

Таблица 1 – Физические характеристики материалов

Материал	T _{пл} , К	ρ , кг/м ³	c, Дж/кг*К	L, Дж/кг
Титан	1941	4505	532	392754
Железо	1812	7874	460	247100
Никель	1728	8902	500	300051

Сначала создается физическая модель. Представленная модель является упрощенной и не учитывает ряд тепловых потерь в процессе плавления, в том числе рассеивание тепла в атмосферу рабочей камеры, перераспределение тепла в объеме металлического порошка и отвод тепла в область нижних, уже сформированных слоев, причиной чему является градиент температур между обрабатываемым электронным лучом слоем порошка и уже сформированными нижними слоями изделия, показанный на рисунке 1.

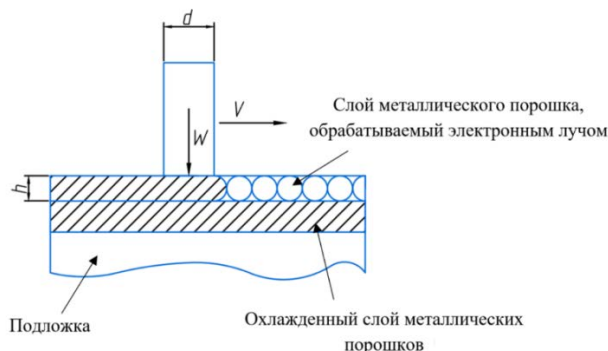


Рисунок 1 – Физическая модель процесса аддитивного плавления слоя порошка электронным лучом

В соответствии с основными формулами можно получить связь между технологическими параметрами процесса и скоростью электронного пучка ϑ при которой можно получить оплавленную слой металлических порошков селективным электронно-лучевым:

$$\vartheta = \frac{\eta * W}{\rho_0 * k_p * h * a * (c * \Delta T + L)}$$

где ϑ – скорость движения электронного луча; W – мощность электронного луча; h – толщина слоя порошка; a – размер пятна электронного луча; ρ_0 – плотность порошка; c – теплоемкость порошка; L – скрытая теплота плавления; ΔT – разность температур, равная $T_1 - T_0$, где T_0 – комнатная температура, от которой происходит нагрев порошка, T_1 – температура нагрева, при которой произойдет оплавление частиц порошка; k_p – коэффициент упаковки: для этого предположим, что радиус порошков одинаковые, тогда при свободной насыпки порошков, коэффициент упаковки будет изменяться в пределах (0,52 – 0,74)[3]; η – эффективный КПД нагрева: отношение эффективной погонной энергии к погонной энергии [4]. Когда источником тепла является электронный луч, эффективность КПД составляет 0,7-0,9.

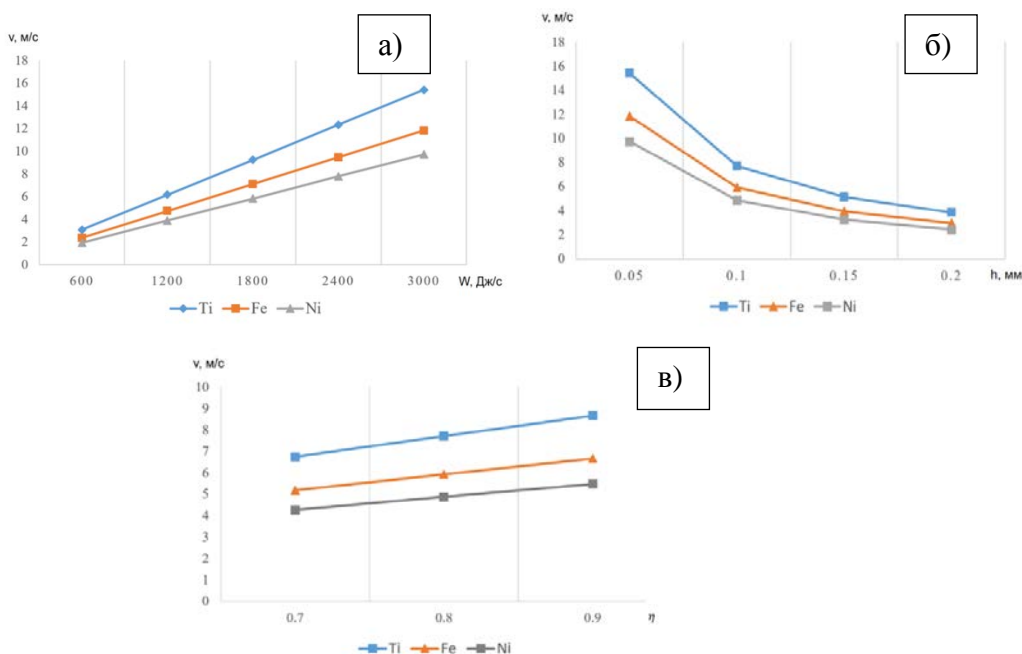


Рисунок 2 – а) Зависимость скорости движения электронного луча от задаваемой мощности электронного луча; б) Зависимость скорости движения электронного луча от толщины слоя порошка; в) Зависимость скорости движения электронного луча от эффективного КПД нагрева

Эти данные были получены путем соединения трех металлов по формуле. Полученные результаты показывают, что с увеличением толщины слоя порошка или эффективный КПД нагрева, скорость движения электронного луча уменьшается; когда скорость перемещения электронного луча возрастает, требуемая мощность электронного луча увеличивается. Высокая скорость движения электронного луча T_i на рисунке 2 можно объяснить совместным анализом таблицы 1 и формул, которая показывает, что T_i имеет самую высокую температуру плавления - T , теплоемкость - c и скрытую теплоту плавления - L среди трех металлов.

Из проведенной формул делаем вывод, что на скорость перемещения электронного луча влияет не только технологические параметры (толщина слоя порошка, мощность электронного луча, коэффициент поглощения электронного излучения металлом), но и физические параметры материала порошка как плотность, теплоёмкость, скрытая теплота и плавление температуры, следовательно, можно сказать, что теоретические расчеты для оптимизации параметров процесса послойного спекания металлических порошков селективным электронным излучением являются сложной многофакторной задачей.

Список литературы

1. Зенин Б.С. Электронно-лучевая обработка/ Слосман А.И., Зенин Б.С. // Современные технологии поверхностного упрочнения и нанесения покрытий: Учебное пособие.-Томск: Изд. ТПУ, 2012.-с. 86-91.
2. Аржакова В. М. Электронно-лучевая плавка тугоплавких металлов и сплавов // Атомная энергия. Том 57, вып.3.-1984
3. Шишковский И. В. Основы аддитивных технологий высокого разрешения. СПб.: Изд-во Питер, 2015, 390 с.
4. Источников тепла для сварки плавлением/ Тепловые характеристики источников тепла [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lektsii.org/14-55859.html>

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СЛОИСТОГО МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОГО КОМПОЗИТА $Ti/ZrB_2 - SiC$

Е.В. ДЕГТЯРЕВА¹, Е.С.МИРОВАЯ^{1,2}, С.П. БУЯКОВА^{1,2}

¹ Томский политехнический университет

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: evd13@tpu.ru

Введение. Увеличение мощности высокоэнергетических машин и механизмов зачастую сопряжено с увеличением температуры их эксплуатации. Разработка материалов, сохраняющих эксплуатационные характеристики одна из актуальных задач современного материаловедения. Высокая температура плавления керамики ставит ее в приоритетное положение в качестве материалов для высокотемпературных применений. Но для керамики кроме её положительных характеристик, отличные механические, термобарьерные свойства, существует один большой минус – имманентная хрупкость, низкая вязкость разрушения.

Одним из способов повышения вязкости разрушения, реализованным в данной работе, является формирование слоистой структуры, в таком случае трещина при распространении отклоняется, разветвляется или рассеивается на границе раздела слоёв. Кроме того, получение слоистого композита позволяет достичь объединения свойств двух материалов.

Выбор состава керамики, высокотемпературной композиции ZrB_2-SiC обусловлен способностью этого материала работать при температуре выше 1500 °С. Введение карбида кремния способствует уплотнению керамики, приводит к увеличению механических свойств,