

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена моделированию процесса селективного плавления многокомпонентного материала и изучению изменения концентраций его компонента. Это может помочь предсказывать количественный состав итогового сплава, что позволит судить об итоговых механических параметрах, микроструктуре готового изделия, напечатанного методом аддитивного производства. Такая возможность актуальна и крайне востребована, так как позволяет не проводить большое количество дорогостоящих экспериментов и подобрать необходимый сплав исходя из результатов расчёта математической модели.

В работе сформулировано несколько моделей изменения концентрации компонентов в сплаве: нульмерная, двух и трёх мерная без гидродинамики, а также модель для расчёта концентраций на основе поля скоростей, рассчитанного в программе KiSSAM с гидродинамикой.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|------------------------------------|---|
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
| 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР | 5 |
| 1.1 Расчёт испарения | 5 |
| 1.1.1 Поток испарения | 5 |
| 2 МОДЕЛИРОВАНИЕ | 7 |
| 3 РЕЗУЛЬТАТЫ | 8 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 9 |

ВВЕДЕНИЕ

Аддитивное производство методом лазерного и электронно пучкового спекания металлического порошка – это относительно новое, но довольно перспективное направление в области производства деталей и компонентов. Такой метод оказался крайне актуален и востребован сегодня, что заметно по высокому спросу на исследования в его области.

Причины популярности этого метода заключаются в следующих факторах:

- Скорость и гибкость производства деталей для малых и средних серий. По сравнению с традиционными методами, где время на производство одной детали сокращается только с ростом количества деталей.
- Дешевизна производства деталей для малых серий. Так же как и со скоростью, цена одной детали снижается только с ростом количества произведённых деталей. К примеру изготовить формы для литья какой-либо сложной детали очень часто обходится гораздо дороже, чем напечатать методом SLM (Selective Laser Melting).
- Автоматизация и точность производства. Больше точной работы может быть доверено машине и меньше пространства для ошибок рабочих.
- Возможность создавать сложные геометрии, что может быть невозможно при использовании традиционных методов. Кроме того, аддитивное производство позволяет персонализировать изделия.
- Меньшее количество отходов и экологических проблем: аддитивные технологии позволяют использовать только нужное количество материала, что снижает количество отходов и экологическую нагрузку.

Важным и востребованным направлением в этом методе производства является моделирование процесса спекания порошка. Как правило для получения детали с необходимым качеством, составом, свойствами и без нежелательных артефактов, приходится проводить несколько экспериментов

и печатать одну и ту же модель несколько раз с разными параметрами и каждый раз проверять, удовлетворяет ли она необходимым требованиям. На это уходит большое количество времени, сил и ресурсов. Поэтому для удешевления и ускорения процедуры подбора параметров печати используется моделирование. Делая выводы из расчётов, можно кардинально сократить количество долгих и дорогостоящих экспериментов по производству интересующей детали.

Данная работа посвящена моделированию процесса аддитивного производства методом селективного спекания металлического порошка лазером или электронным пучком с целью изучения изменения концентраций компонентов сплава в процессе его плавления. При таком процессе, металл под источником энергии разогревается до очень высоких температур, что приводит к интенсивному испарению и, как следствие, появлению давления отдачи, потере тепла и массы.

Очень часто для производства детали требуется использовать определённый сплав с определённым количественным составом и определёнными свойствами. При его выборе очень важно учитывать тот факт, что в процессе участвуют компоненты сплава с разными параметрами, что влечет за собой разные скорости испарения разных компонент. Таким образом, итоговая концентрация более летучего компонента всегда будет ниже, чем изначальная, поскольку его испарение происходит более интенсивно.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Расчёт испарения

1.1.1 Поток испарения

Для того, чтобы измерить потери компонентов при испарении с поверхности сильно разогретой поверхности металла необходимо сформулировать модель испарения и связать параметры на поверхности и в атмосфере. В данной работе используется модель из статьи *Knight C. J.* [1]. В ней поток пара представится в виде газодинамической задачи Римана о распаде разрыва.

Картина структуры столба пара представлена на рис. 1.1. Здесь присутствуют обычные компоненты из задачи, такие как ударная волна, контактный разрыв и волна разрежения. Также у основания учитывается наличие слоя Кнудсена, в нём происходит максвеллизация распределения скоростей молекул, вылетевших с поверхности металла. Соотношения для этих переходов выведены Найтом в его статье [1].

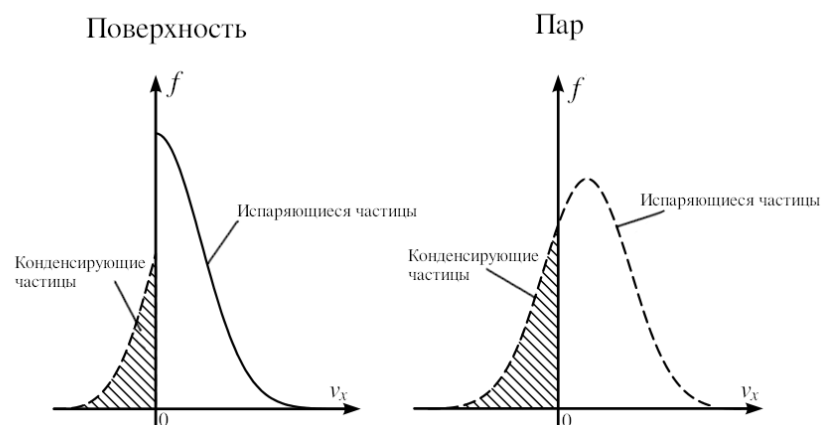


Рисунок 1.2 – Распределение вертикальной компоненты скорости частиц на поверхности и на верхней границе слоя Кнудсена(в паре)

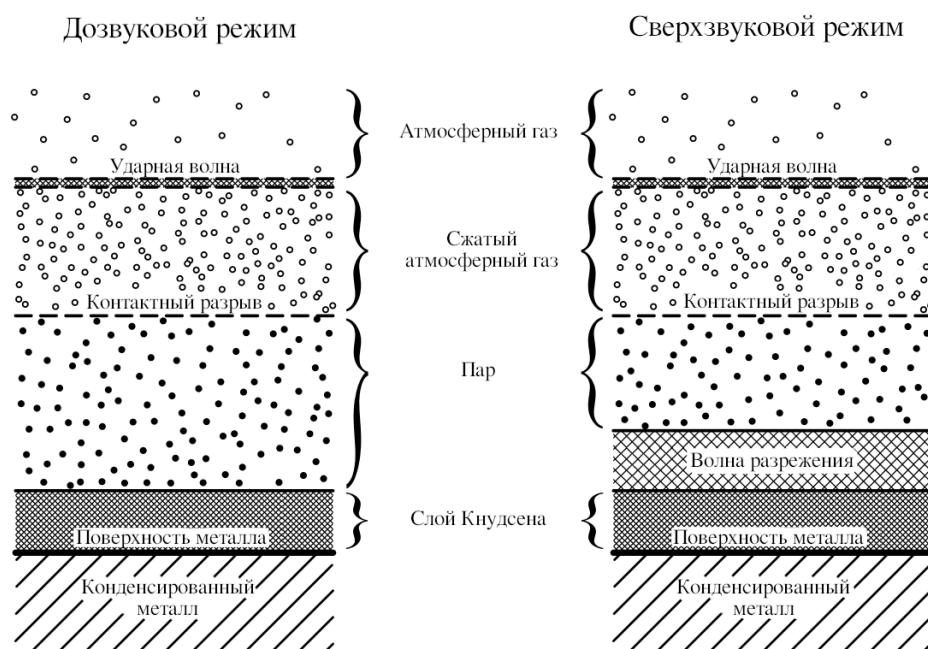


Рисунок 1.1 – Схематическое представление распределения структуры потока пара над поверхностью испарения. В режимах: дозвуковом (слева) и сверхзвуком (справа) [2].

Слой Кнудсена моделируется исходя из предположения, что распределение скоростей частиц, вылетающих с поверхности имеет форму половины от распределения максвелла со средней скоростью равной нулю (рис. 1.2).

2 МОДЕЛИРОВАНИЕ

3 РЕЗУЛЬТАТЫ

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Knight Charles J. Theoretical modeling of rapid surface vaporization with back pressure // AIAA journal. — 1979. — Vol. 17, no. 5. — P. 519–523.
2. Klassen Alexander. Simulation of Evaporation Phenomena in Selective Electron Beam Melting : doctoralthesis ; FAU University Press. — 2018. — P. xxiii, 238 S.