

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Гордеева Георгия Андреевича на тему: «**Моделирование теплофизических процессов в порошках металлов при селективном лазерном плавлении**», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Одним из наиболее перспективных способов изготовления металлических деталей сложных форм является объемная печать методом селективного лазерного плавления (СЛП). Использование импульсного лазера при данной технологии позволяет получать тонкостенные и решетчатые структуры. Проблема получения качественных изделий методом СЛП может быть решена с помощью разработки адекватной математической модели технологии СЛП, позволяющей прогнозировать технологические режимы лазерной обработки порошка. Таким образом, предмет исследования, цель и задачи рассматриваемой диссертационной работы Гордеева Г.А. актуальны не только для научного применения, но также для практического и технологического использования.

В диссертационной работе при построении математической модели предложены такие упрощения и допущения, которые позволяют проводить быстрые серии расчетов с различными управляющими параметрами обработки. В результате становится возможным исследовать влияние управляющих параметров на технологию СЛП и проводить оптимизацию параметров. Автором предложена математическая модель селективного лазерного плавления, которая позволяет рассчитывать теплоперенос, усадку порошкового слоя, динамику остаточной пористости порошкового слоя. В модели СЛП автор попытался учесть комплексное воздействие разнородных процессов: фазовых переходов, влияние конвективного перемешивания вещества на теплоперенос и остаточную пористость, охлаждение поверхности порошкового слоя за счет излучения и конвективного охлаждения. Гордеевым Г.А. в своей работе был предложен и обоснован алгоритм учета положения локального объема спекаемого порошкового слоя в алгоритмической модели с помощью послойной деформации конечно-элементной сетки.

Для верификации модели автором было выполнено сравнение расчетов и натурального эксперимента. Было показано хорошее соответствие результатов, что позволило автору провести поиск рациональных режимов лазерной обработки при СЛП. В автореферате были представлены наглядные диаграммы качества сплавляемого слоя, определяющие рациональные режимы лазерной обработки при СЛП порошка железа.

В качестве *замечания* стоит отметить, что автор, описывая процесс СЛП, моделирует теплоперенос и усадку порошка, однако не рассматривает динамику формирования микроструктуры, играющую немаловажную роль в технологиях аддитивной печати.

После прочтения текста автореферата не является очевидным выбор автора задать условие фиксированного значения температуры на нижней границе. Более того, не понятно, почему лазерный луч описывается граничным, а не объемным источником в квази-пористой среде.

Гордеев Г.А. описывает динамику остаточной пористости с помощью уравнения Аррениуса с энергией активации, из текста автореферата не ясно, чем это обусловлено.

Обозначенные замечания не влияют на общее положительное заключение по работе. Работа является законченным научным исследованием, содержание работы полностью соответствует заявленной специальности. Автореферат дает представление, что Гордеев Г.А. провел качественное развернутое исследование теплопереноса, компактирования и усадки порошка при СЛП и заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Старший научный сотрудник Института физики высоких давлений им. Л.Ф. Верещагина
Российской академии наук,
кандидат физико-математических наук
Щелкачев Николай Михайлович

3 сентября 2020 г.

адрес организации: 108840, г. Москва, г. Троицк, Калужское шоссе, 14
тел.: +7 (495) 334 05 82.
e-mail: chtchelkatchev@hppi.troitsk.ru

Я, Щелкачев Николай Михайлович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Гордеева Георгия Андреевича, и их дальнейшую обработку. *Н.М. Щелкачев Н.М.*

Подпись Н.М. Щелкачева удостоверяю
Ученый секретарь ИФВД РАН
к.ф.-м.н. Т.В. Валянская

