Слайд 1:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Волгоградский государственный университет» институт математики и информационных технологий кафедра информационных систем и компьютерного моделирования

Программный комплекс для расчета остаточных напряжений и деформаций металлоконструкций

Работу выполнил:

студент группы ПРИ-171 Губенко И.Б.
Научный руководитель:
к.ф.-м.н., доц. каф. ИСКМ Храпов С.С.

Волгоград 2021

Доброе утро, представляю вашему вниманию выпускную квалификационную работу по теме Программный комплекс для расчета остаточного напряжений и деформаций металлоконструкций, научный руководитель Храпов Сергей Сергеевич

Слайд 2

Цель работы:

- Ознакомиться с аддитивными технологиями 3D-печати сложных металлических изделий;
- Изучить причины появления деформаций и остаточного напряжения. Ознакомиться со способами их минимизирования
- Ознакомиться с существующим программным обеспечением для прогнозирования деформаций и остаточного напряжения.
- Спроектировать и разработать программный комплекс для моделирования тепловых нагрузок, возникающих в металлоконструкциях при 3D печати методом селективного дазерного сплавления (SLM).

Главной Целью работы является разработка программного комплекса для расчета остаточного напряжения и деформаций металлоконструкций произведенных методом селективной лазерной плавки,

работа разделена на несколько этапов такие как:

- ознакомление с аддитивными технологиями производства металлических изделий
- Изучение причин возникновения остаточных напряжений
- Создание информационной модели программного комплекса
- Реализация программного
- комплекса

Аддитивные технологии

Аддитивные технологии (от английского <u>Additive Fabrication</u>) – обобщенное название технологий, предполагающих изготовление изделия по данным цифровой модели методом послойного добавления материала

Область применения аддитивных технологий:

- строительство:
- сельскохозяйственная промышленность;
- машиностроение;
- судостроение;
- космонавтика;
- медицина и фармакология.

Аддитивные технологии задействуются в многих сферах жизни человека К плюсам аддитивного производства можно отнести :

- Улучшенные свойства готовой продукции.
- Большая экономия сырья.
- Возможность изготовления изделий со сложной геометрией.
- Мобильность производства и ускорение обмена данными.

Слайд 4



Осуществляется с помощью использования лазерных излучателей высокой мощности [14].

Специальный порошок, который имеется в камере, с помощью тонкого равномерного слоя помещается на рабочую область особым роликом, что помогает разравнивать порошок.

Луч лазера обрисовывает на поверхностном слое порошка силуэт модельного сечения. С помощью подвижного зеркала устанавливается направление луча лазера [27].

Слайд 5:

Остаточное напряжение

- Остаточное напряжение появляется в изделие в процессе термообработки, при переходе из жидкого агрегатного состояния в твёрдое, при механической воздействие или обработке.
- Остаточное напряжение приводит к уменьшению прочности и максимально допустимой нагрузки, на которую будет рассчитано изделие.



Рисунок 2 — Последствия остаточного напряжен

Расказываю почему важно контролировать остаточноенапряжение Проявление остаточного напряжения при трансформации из жидкого агрегатного состояния в твердое мотивируется тем, что застывание изделия начинается с поверхности, которое сопровождается сжатиями и усадкой. Быстрое застывания внешнего слоя провоцируют возникновение внутреннего напряжения [23]. Печать SLM не самая дешевая и приводят к убыткам в случае брака детали

Слайд 6:



Расказываю про способы минимизации остаочного напряжения, заостряю внимание на схемах направления движения лазера

Термическая обработка постобработка в муфельной печи

Изостатическое газовое прессование

Использование комбинированных схем направлений движения лазера на рисунка можно посмотреть несколько схем сканирования

Подбор температурных режимов плавления/спекания Использование дополнительных опор и поддержек

Горячее **изостатическое прессование** (ГИП) — сложный технологический процесс обработки изделий высоким **газовым** давлением при повышенных температурах. ... Газостат представляет собой сосуд высокого давления с системами подачи и нагрева газа.

Слайд 7

Требования к программному комплексу

Разрабатываем программный комплекс <u>CoRSaD</u> (<u>Calculation</u> of residual stresses <u>and deformations</u>) должен иметь следующий функционал:

- Импорт моделей в формате STL
- Моделировать процессы аддитивного производства
- Производить расчет остаточных напряжений и деформаций металлоконструкций по заданным начальным значениям
- Экспортировать полученные результаты в заданном формате

Разрабатываем программный комплекс включает в себя модули:

- модуль для расчета остаточного напряжения и деформаций металлоконструкций
- модуль представления расчетов в воксельном виде с выделенными участками подверженными остаточному напряжения и деформациям

Разрабатываем программный комплекс CoRSaD (Calculation of residual stresses and deformations)

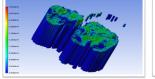
- 1. Импорт моделей в формате STL
- 2. Моделировать процессы аддитивного производства
- 3. Производить расчет остаточных напряжений и деформаций металлоконструкций по заданным начальным значениям
- 4. Экспортировать полученные результаты в заданном формате

Имеет несколько модулей

Слайд 8:

Аналог

ANSYS Additive Print – инструмент моделирования точной формы детали, получаемых в процессе 3D-печати



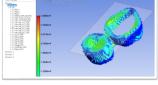


Рисунок 5 — Генерируемые опоры при производстве SLM

Рисунок 6— Результаты расчета модели в Ansys

ESI Additive Manufacturing

Ansys

Рассказываю про то что аналоги неподъемно дорогие для небольших производств (лицензии до нескольких миллионов рублей)

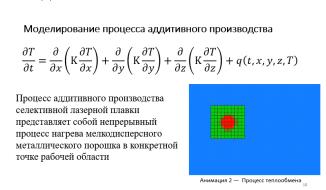
Слайд 9:

Диаграмма вариантов использования



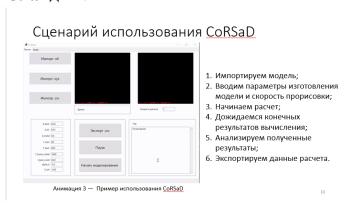
На рисунке 7 видим диаграмму вариантов использования

Слайд 10:



Процесс аддитивного производства селективной лазерной плавки представляет собой непрерывный процесс нагрева мелкодисперсного металлического порошка в конкретной точке рабочей области. На анимации 2 наблюдаем решение трехмерного уравнения теплопроводности в интерфейсе Corsad

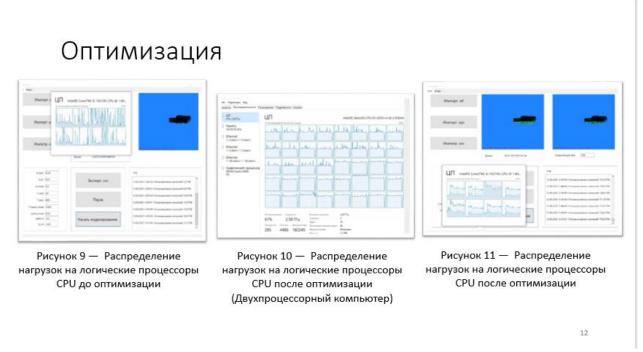
Слайд 11:



Основой сценарий использования CorsaD

- 1. Импортируем модель;
- 2. Вводим параметры изготовления модели и скорость прорисовки;
- 3. Начинаем расчет;
- 4. Дожидаемся конечных результатов вычисления;
- 5. Анализируем полученные результаты;
- 6. Экспортируем данные расчета.

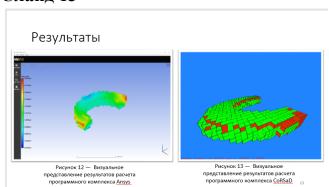
7.



Расчет остаточного напряжения и деформаций представляет собой расчет на основе детализированных моделей, детализированные модели это большие расчетные сетки которые требуют много процессорного времени

- 1. Фоновые вычисления (параметр количества тактов вычислений к такту визуализации)
- 2. Оптимизация сеток расчета
- 3. Параллельные вычисления

Слайд 13



удалось достичь сходства с ansys

В случае вопроса комиссии про сравнение точности

Точные сравнение получить не можем так как вокселизация разная и количество вокселей может меняться, то есть на больших сетках мы не сможем даже посчитать среднеквадратичную ошибку и главным критерием точности является изображение, к тому же оператор slm в первую очередь будет ориентироваться на цветовое отображение

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \nabla [K(T)\nabla T] + q(t, x, y, z, T)$$