

РЕШЕНИЯ КОРПОРАЦИИ MSC SOFTWARE ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ 3D-ПЕЧАТИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕТАЛЛОВ

Использование 3D-печати в промышленности — это технологии будущего, которое на наших глазах становится настоящим. Если раньше мировой рынок аддитивных технологий был в основном сосредоточен на прототипировании и быстром создании оснастки, то теперь происходит внедрение технологий быстрого проектирования и создания точных деталей методом 3D-печати для их массового производства. Это быстро растущее и перспективное направление. Ключевые отрасли применения аддитивных технологий — выпуск товаров народного потребления, производство двигателей, медицина, автомобилестроение, а также аэрокосмос.

3D-принтеры позволяют создавать детали, которые невозможно изготовить другими способами. К плюсам аддитивных технологий следует также отнести возможность создания сложных сборок без необходимости соединять друг с другом множество частей. Преимущества аддитивного производства достигаются благодаря возможности создания более легких деталей из меньшего количества материала, с меньшим количеством отходов и меньшими затратами энергии. Кроме того, отсутствует необходимость в дополнительном оборудовании.

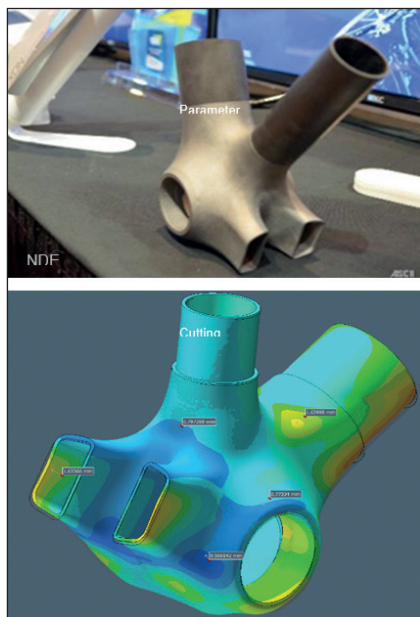
Несмотря на безусловные достоинства этой технологии, существующие промышленные системы 3D-печати имеют и явные недостатки. В первую очередь это коробление детали при печати, что становится причиной искажения ее формы и превышения допусков на размеры. Кроме того, в процессе печати в детали могут возникать большие напряжения и деформации, следствием которых становятся трещины, отрыв поддержек и другие проблемы вплоть до разрушения детали непосредственно в процессе производства. Есть вопросы к качеству поверхности деталей (в том числе по наличию дефектов и пор), невысокая производительность процесса — печать может продолжаться десятки часов. Существуют проблемы, связанные с воспроизводимостью процесса, прочностью и долговечностью напечатанных деталей. Кроме того, надо принимать во внимание множество факторов, влияющих на результат, небольшой опыт практического использования, а также высокую стоимость порошков и самих промышленных 3D-принтеров.

Тем не менее, многие из этих недостатков могут быть нивелированы при использовании компьютерного моделирования, которое позволяет быстро и с ма-

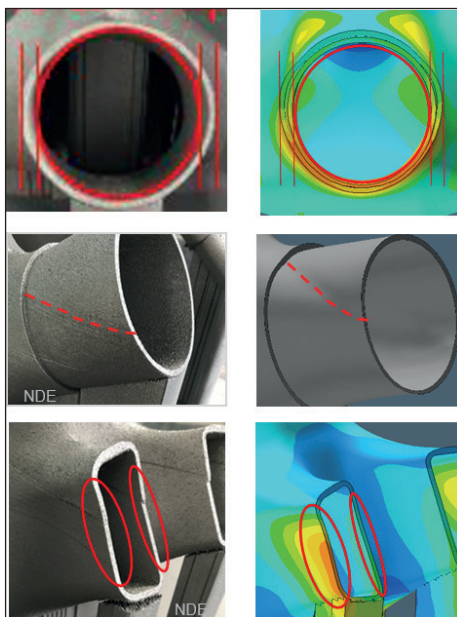
лыми затратами проводить виртуальную обработку технологических процессов. Комбинация расчетных и экспериментальных методов позволяет расширить область применения аддитивных технологий в промышленности. В первую очередь это быстрое создание опытных образцов и производство деталей малыми партиями, а также производство деталей сложной формы, которые невозможно изготовить другими способами.

Исследование различных вариантов технологического процесса только на реальном оборудовании имеет ряд недостатков. Это невозможность варьировать параметры принтера в широком диапазоне, большой расход времени и энергии. Как результат, оптимизация существующих производственных процессов и внедрение в производство новых видов продукции оказываются очень затратными.

Серьезно сократить объем необходимых вложений помогает компьютерное моделирование. Этот подход позволяет численно смоделировать нужный процесс и подобрать оптимальные параметры еще на этапе проектирования изделия. Для моделирования технологических процессов наиболее эффективно специализированное программное обеспечение. Корпорация MSC Software предла-



Деталь велосипеда, созданная методом 3D-печати (материал – титан)



Проблемы при 3D-печати тонкостенных конструкций: овальность, потеря устойчивости, коробление и трещины

гает пакет **Simufact Additive**, предназначенный для моделирования аддитивных технологий методом расплавления материала в заранее сформированном слое (Powder Bed Fusion), включая процессы селективного лазерного плавления (SLM) и электронно-лучевого плавления (EBM).

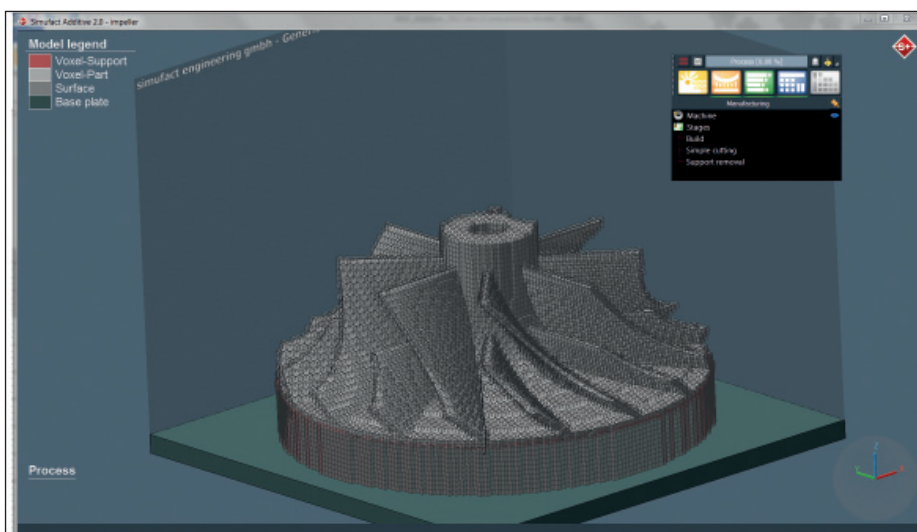
Simufact Additive позволяет выполнять проработку и оптимизацию технологического процесса печати на 3D-принтерах. Этот пакет дает возможность вычислять деформации в детали, а также определять ее состояние после термической обработки, удаления опорной пластины и поддерживающей структуры.

Таким образом, используя компьютерное моделирование, можно до начала реального изготовления изделия подобрать оптимальное направление печати и оптимизировать форму поддерживающей структуры. Кроме того, мы можем минимизировать деформации и остаточные напряжения в детали, уменьшить искажение ее формы (или вообще избежать такого искажения), а следовательно с первой же попытки производить детали с требуемой точностью. Дальнейшее развитие расчетных технологий в Simufact Additive позволит моделировать процессы еще более углубленно, прогнозируя механические свойства материала после печати, его плотность, наличие пор, шероховатость поверхности, непровар и другие особенности.

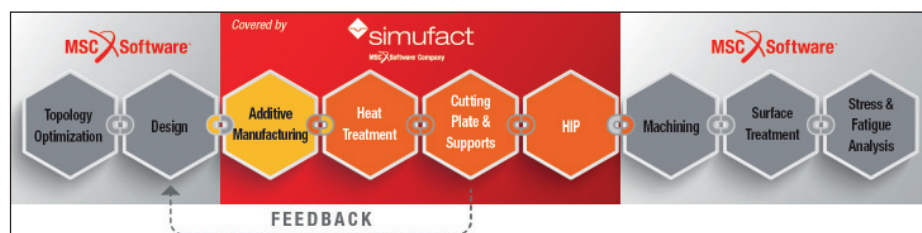
Компьютерное моделирование промышленных аддитивных технологий хорошо интегрируется с общей линейкой технологий MSC Software. Процесс проектирования может начинаться с топологической оптимизации в MSC Nastran – пользователь получит форму детали, оптимальную с точки зрения прочности. При этом нет необходимости учитывать ограничения, накладываемые традиционными способами производства. Затем в пакете Simufact Additive моделируется сам процесс 3D-печати металлической детали. После этого можно промоделировать процесс термообработки, необходимой для снятия внутренних напряжений. Следующим этапом моделируются обрезка и удаление опорной пластины, удаление поддерживающей структуры. При необходимости моделируется процесс горячего изостатического прессования (HIP). Результаты могут на любой стадии передаваться в другие пакеты MSC Software: например, в пакет Marc, чтобы выполнить анализ прочности с учетом остаточных деформаций в детали, и в MSC Fatigue – чтобы спрогнозировать долговечность. По результатам расчета можно в любой момент и на любом этапе определить коробление, напряжения и деформации в любой точке и в любом сечении детали.

В настоящее время в Simufact Additive реализованы различные подходы для компьютерного моделирования технологий 3D-печати. Можно выполнить полностью связанный тепло-прочностной расчет или же только тепловой либо прочностной расчет.

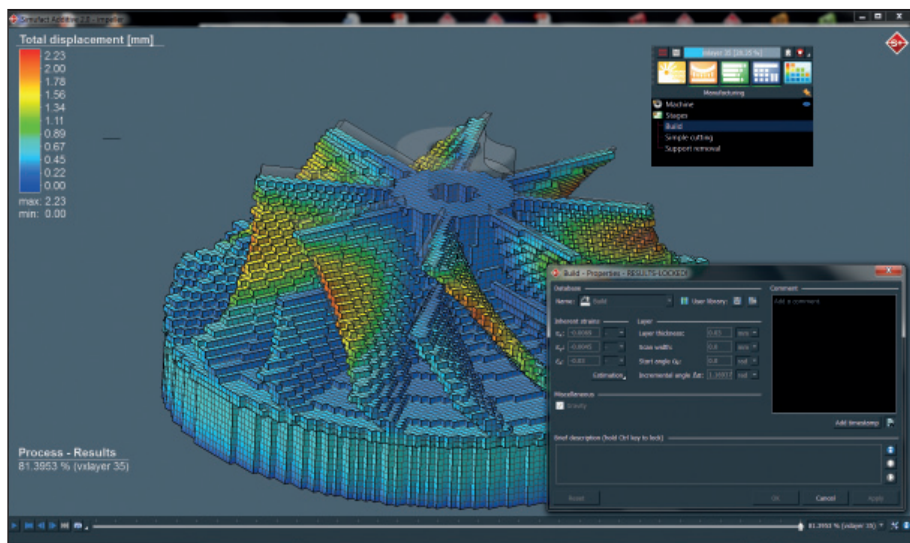
Наиболее быстрым и эффективным является последний вариант. Моделируется послойное выращивание детали с использованием воксельной конечно-элемент-



Расчетная модель со специальной воксельной сеткой



Место Simufact Additive в цепочке технологий MSC Software



Коробление детали, рассчитанное методом Inherent strains

ной (КЭ) сетки. Для расчета короблений, напряжений и деформаций используется метод собственных деформаций (Inherent strains). Его особенность заключена в том, что при создании каждого слоя КЭ в расчетной модели добавляются элементы суже заложенными в них собственными деформациями. Метод является полуаналитическим и требует проведения калибровки, в ходе которой выполняется печать на 3D-принтере консольных балок, их частичная обрезка от опорной пластины, а затем измерение вертикальных перемещений на концах балок. Замеренные перемещения заносятся в Simufact Additive и по этим данным производится калибровка Inherent strains.

Использование в Simufact Additive метода собственных деформаций позволяет сократить время моделирования процесса 3D-печати до нескольких десятков минут. По ряду задач для расчета требуется меньше 10 минут! Таким образом, существует возможность оперативно исследовать влияние различных параметров 3D-принтера на коробление детали. Это могут быть различные настройки самого принтера, ориентация детали в принтере (вертикальная, горизонтальная, под различным наклоном), направление и параметры обрезки детали от

опорной пластины и последовательность удаления поддерживающих структур, конфигурация и свойства поддерживающей структуры с учетом ее анизотропии и различной плотности.

Эффективным способом применения Simufact Additive является моделирование с использованием приема компенсации искажений формы. На первом этапе моделируется процесс печати исходной идеальной модели. В результате получается деталь со значительными отклонениями от идеальной формы из-за деформаций, появившихся в процессе 3D-печати. Далее производится экспорт искаженной формы детали, но с отклонениями в противоположную сторону (с множителем "минус один" по деформациям). На втором этапе моделируется процесс печати этой измененной модели и получается изделие с практически идеальной формой.

В заключение хотелось бы отметить основные преимущества пакета Simufact Additive:

- новая концепция интуитивно понятного, легкого в изучении и использовании графического интерфейса позволяет освоить пакет менее чем за один день;
- быстрое проведение расчетов на настольных компьютерах и даже на но-

утбуках не требует облачных решений и обеспечивает безопасность работы, что особенно актуально для оборонной отрасли, а также для автомобилестроения и аэрокосмоса;

- отсутствует необходимость в специальном оборудовании, таком как графические карты, кластеры и т.д.: пакет работает на обычных компьютерах;
- Simufact Additive — масштабируемое решение, позволяющее выбирать между быстрым расчетом для решения основных проблем и подробным исследованием для глубокого изучения задачи;
- воксельные КЭ-сетки (включая КЭ-сетку на поддерживающей структуре) быстро создаются на деталях любой сложности;
- поддерживаются возможность генерации различных вариантов поддерживающей структуры и учет ее анизотропных свойств.

Компьютерное моделирование в Simufact Additive охватывает всю производственную цепочку вплоть до конечного результата, а не один только процесс 3D-печати.

Пакет базируется на современных и надежных технологиях, используя в качестве решателя Marc — лидирующую систему компьютерного инженерного анализа нелинейных процессов.

Корпорация MSC Software установила партнерские отношения с производителем 3D-принтеров, компанией Renishaw, поддерживает постоянные контакты с ведущими немецкими производителями 3D-принтеров.

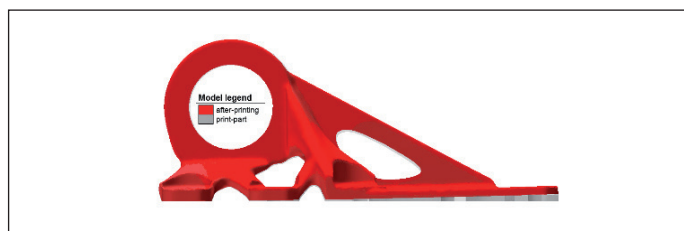
Партнерство с компанией MRL (Material Resources Ltd.) предоставит возможность прогнозировать микроструктуру материалов.

Партнерство с компанией Materialize (Materialise Magics) расширит способы создания эффективных поддерживающих структур.

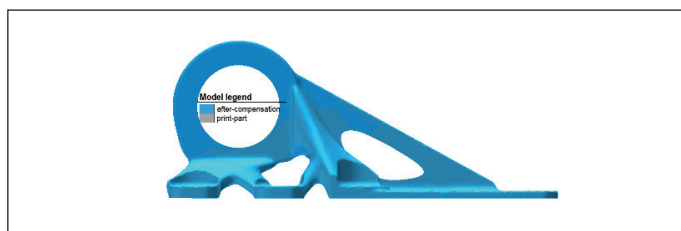
Эдуард Князев

ООО "Эм-Эс-Си Софтвэр Рус"

(подразделение MSC Software Corporation в России и странах СНГ)



Значительные отклонения формы полученного изделия от идеальной (первый этап моделирования)



Результат моделирования с использованием приема компенсации искажений формы (в результате получается практически идеальная форма изделия)

РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЖИЗНИ



PoligonSoft

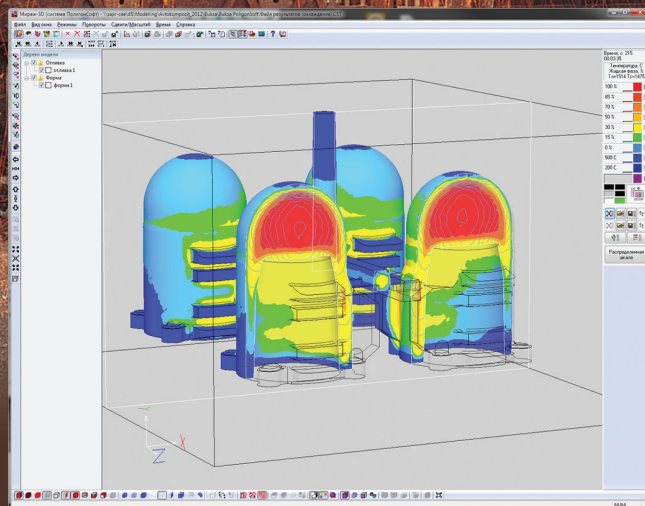
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ЛИТЕЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ В ПолигонСофт 15

СКМ ЛП "ПолигонСофт" анализирует:

- ▶ БОЛЬШИНСТВО ЛИТЕЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
- ▶ ГЕОМЕТРИЮ ЛЮБОГО УРОВНЯ СЛОЖНОСТИ
- ▶ ПРОЛИВАЕМОСТЬ ФОРМЫ
- ▶ ЗАТВЕРДЕВАНИЕ
- ▶ РАКОВИНЫ И ПОРИСТОСТЬ
- ▶ ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ
- ▶ КОРОБЛЕНИЕ И РАЗРУШЕНИЕ

СКМ ЛП "ПолигонСофт" используется в:

- ▶ АВИАЦИИ
- ▶ КОСМОСЕ
- ▶ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ
- ▶ ОБОРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
- ▶ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
- ▶ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ
- ▶ ВАГОНОСТРОЕНИИ



Визуализация технологического процесса
в СКМ ЛП "ПолигонСофт"

www.poligonsoft.ru