ТЕМА 4.2. ПОСТРОЕНИЕ ЦИФРОВОЙ ФАБРИКИ

Автор: директор МНОЦП «Altair – CML – Политехник» СПбПУ Белослудцев Е.В.

Цифровые фабрики - это системы комплексных технологических решений, обеспечивающих в кратчайшие сроки проектирование и производство глобально конкурентоспособной продукции. Другими словами, цель цифровой фабрики - это увидеть и проанализировать продукт до того момента, как он будет произведён.

Цифровая фабрика относится к этапам планирования изделия, проектирования изделия и планирования производства.

Эффекты, которые достигаются при применении цифровой фабрики:

- сокращение числа ошибок при проектировании,
- сокращение переделок и производственных отходов,
- сокращение срока вывода продуктов на рынок.

Две основные составляющие планирования производства:

- виртуальная технологическая проработка,

- виртуальная сборка и производство.

Составляющие виртуальной технологической проработки:

- цифровые модели оснастки, т.е. вспомогательных приспособлений при производстве;

- моделирование и подбор режимов технологических процессов;

- контроль отклонений и анализ чувствительности технологии к допускам на входной контроль.

Первые две составляющие дают сразу два эффекта: и снижение числа переделок в производстве, и сокращение времени между передачей изделия в производство и получение готового изделия. Благодаря тому, что оснастка проектируется на том же этапе, когда разрабатывается само изделие, а не после того, когда изделие передано в производство, снижается число итераций между производством и конструкторским бюро. В идеальном варианте, оснастка не создается и не дорабатывается на производстве, а используется в том виде, как она была спроектирована совместно с изделием.

Пример. Для создания современного автомобиля из конструкторского бюро на завод направляются 850 деталей для изготовления штампованием. Хорошим показателем при традиционном производстве является 5-10% брака, т.е. 85 деталей могут не отштамповаться с первого раза – например, где-то металл может разорваться при штамповке, или в каких-то местах невозможно будет без деформаций снять отштампованную деталь с оснастки. При передовом проектировании проводится итеративная разработка изделий с последующим моделированием процесса штампования. Такой подход позволяет достичь 0% брака – это означает, что завод с первого раза может произвести все 850 деталей без их модификации. Это реальный пример при разработке одного из известных автомобилей премиум класса.

Аддитивные технологии хорошо подходят для изготовления оснастки, поскольку оснастка не требует сертификации, а 3D-печать позволяет изготавливать ее в кратчайшие сроки – фактически, от 1 часа.

Ещё один пример эффекта от виртуальной технологической проработки: оптимизация технологии штампования стойки автомобиля без изменения геометрии самой детали позволила на 10% снизить глубину проникновения элементов кузова в салон при боковом ударе.

При проектировании автомобиля после каждого этапа изменений, который обычно занимает от 1 до 3 дней, проводится серия виртуальных испытаний. В случае с автомобилем это могут быть виртуальные сертификационные испытания, а также краш-тесты. После внесения изменений в конструкцию проводятся вся серия тестов для всего изделия в сборе, а не только несколько проверочных тестов для отдельной сборки. С подключением к суперкомпьютерному центру такая полная проверка обычно занимает не более одной ночи.

Обработка результатов расчетов проводится в полуавтоматическом или полностью в автоматическом режиме - инженеры сразу получают визуальную информацию о том, как их изменения повлияли на все показатели поведения изделия. Это означает что каждый инженер в отдельности и главный конструктор, в частности, действует не на основе своей интуиции, а на основе количественных результатов проведения всех целевых испытаний и количественного анализа последствий от внесенных изменений в конструкцию изделия.

Составляющими виртуальной сборки и производства являются:

- цифровые модели инструмента;
- моделирование процессов сборки, анализ собираемости;
- разработка порядка и/или алгоритмов ручной и роботизированной сварки;
- контроль геометрии и качества изделия;
- цифровой проект производства.

Цифровые модели инструмента – это 3D модели всего инструмента конкретного производства, на котором будет проводиться изготовление изделий.

В случае с автомобилем это могут быть сварочные роботы, по которым известна их точная геометрия, а, соответственно, в автоматическом или полуавтоматическом режиме можно проверить доступность каждой конкретной сварной точки и сварного шва, для того чтобы робот мог выполнить эту операцию. Если не провести такую работу на этапе цифрового проектирования, то эта работа будет проводиться на производстве при непосредственной сборке первого опытного образца и, в случае наличия проблемы собираемости, будет либо согласовывается изменение изделия, либо может быть произведена замена инструмента.

Благодаря моделированию всего производства возможно сразу разрабатывать алгоритмы сборки, сварки или других технологических операций, что также экономит время на этапе непосредственно производства и напрямую влияет на срок вывода продукта на рынок.

Контроль геометрии и качества изделия означает то, что при проектировании и моделировании процесса производства заранее анализируются те места в изделии, которые наиболее вероятно могут иметь какие-либо деформации. Таким образом заранее подготавливается список контрольных точек для контроля геометрии и качества изделия. Эта информация готовится до того, как изделие будет передано на производство.

Под цифровым проектом производства понимается полный виртуальный двойник производства. Он включает и цифровые двойники инструмента и оборудования, и цифровые двойники технологических процессов.

Построение цифровой фабрики

Каждой технологии соответствует некоторый набор альтернатив, то есть тех инструментов, с помощью которых можно получать результат. Суть испытательного полигона технологий - постоянно отслеживать, анализировать и оценивать на практике существующие инструменты на рынке.

Пример: технологии оптимизации (столбец CAO – Computer-Aided Optimization), есть несколько мировых программных средств: Altair HyperWoks и пакет OptiStruct, Altair Inspire, TOSCA от Dassault Systems, IOSO, modeFrontier. У каждого пакета есть свои ограничения, а также области, в которых он дает гарантированно лучший результат по сравнению с другими пакетами. Какие-то пакеты более сложны в использовании, но позволяют проводить топологическую оптимизацию при очень большом числе заданных ограничений, какие-то пакеты более просты в использовании, но не позволяют задать какие-то особы граничные

условия. Другие пакеты специализируются, например, на оптимизации конструкций с учетом аэродинамики.

Другая причина, почему важно иметь арсенал программного обеспечения – это требование Фабрики Будущего давать быстрый отклик на запрос заказчика. В случае с CAD и CAE системами это возможно, в первую очередь, тогда, когда можно работать в тех форматах файлов, которые есть у заказчика, не прося заказчика сконвертировать в какой-то промежуточный формат.

Принципиальный подход работы испытательного полигона технологий – формирование цепочки технологий. Такая цепочка технологий формируется в ответ на задачу заказчика. Наличие всех передовых мировых технологий на испытательном полигоне, а также практический опыт их применения, гарантирует Best-in-class то есть лучшее в своем классе решение конкретной задачи.

Решение различных задач требует различных цепочек технологий. Могут возникать такие цепочки, когда из одного блока используются несколько технологий. Примером такого использования может быть многоэтапная оптимизация геометрии изделия при сложных заданных нагрузках. Это означает, что оптимизация изделия проходит в несколько этапов и на каждом этапе может применяться одновременно несколько пакетов, «соревнуясь» между собой. После каждого этапа берется лучшее решение из достигнутых, и снова применяются несколько пакетов в поисках лучшего варианта. Такой подход позволяет получить решение, которое недостижимо в каждом отдельном пакете.

Цифровая платформа

Цифровая платформа является интегрирующим элементом для всей цифровой фабрики.

Ниже перечислены ключевые особенности передовой цифровой платформы.

1. Интеграция с различным программным обеспечением. Это означает, что платформа может работать с различными пакетами от разных поставщиков программных систем благодаря системам интеграции (API).
2. Автоматизированная проверка каждой версии изделия на соответствие всем требованиям.
3. Высокая автоматизация обработки результатов расчетов. Современная цифровая платформа позволяет создавать презентации с результатами расчетов в полностью автоматическом режиме. Инженер анализирует изменения, которые произошли после его работы, очень быстро, благодаря визуализации всех результатов,

конечно, с сопровождением количественных характеристик. Такой подход значительно повышает скорость разработки.

4. Хранение всей истории проектирования изделия и подключение экспертной системы с искусственным интеллектом к ретроспективному анализу развития изделий в различных проектах.

Таким образом, для построения цифровой фабрики необходимы:

– современная высоко автоматизированная цифровая платформа проектирования;

– испытательный полигон технологий, который позволяет собрать цепочку передовых производственных технологий под конкретную в задачу заказчика таким образом, чтобы получить лучшее в своем классе (best-in-class) решение.