

Статья “*Optimizing the Additive Manufacturing Workflow with PLM*” была опубликована в сетевом журнале “*Additive Manufacturing*”, выпускаемом компанией Gardner Business Media. Оригинал на английском языке можно найти по ссылке: www.additivemanufacturing.media/blog/post/optimizing-the-additive-manufacturing-workflow-with-plm

Оптимизация рабочего процесса аддитивного производства с помощью *PLM*

Christina M. Fuges, пишущий редактор “*Additive Manufacturing*” ©2017 Gardner Business Media

Средства управления жизненным циклом изделия (*PLM*) играют важную роль в том, чтобы аддитивное производство (*Additive Manufacturing, AM*) стало составной частью массового производства.

Половина участников недавнего вебинара на вопрос о том, какая помощь наиболее необходима для нужд их аддитивного производства, ответили так: “*PLM*”. На вопрос о том, что именно должны делать средства управления жизненным циклом для *AM*, последовали ответы, что от них требуется многое, особенно в отношении проектирования с учетом возможностей аддитивных технологий и дальнейшего включения *AM* в общую производственную среду.

Пока аддитивные технологии использовались для изготовления моделей, прототипов и единичных изделий из непромышленных материалов, необходимости в управлении этими процессами с помощью таких корпоративных систем, как *PLM*, не было. Однако по мере прогресса в сфере материалов, оборудования и ПО для аддитивного производства, наряду с появлением спроса на изготовление деталей небольшими партиями, *AM* становится промышленным процессом. Для полного внедрения аддитивных технологий необходимо интегрировать *AM*-информацию в “цифровую нить” продукта, а это означает управление данными.

Цифровую нить можно понимать как высокоуровневое определение того, что делает *PLM*-платформа, соединяя всю цифровую информацию (файлы, метаданные, документы и пр.) на протяжении жизненного цикла изделия – от этапа формирования идеи и проектирования, инженерного анализа, оптимизации и валидации вплоть до *3D*-печати, охлаждения и заключительной обработки.

“К сожалению, многие компании, использующие аддитивные технологии, даже не рассматривают этот аспект. Они видят *AM*-машину просто как часть производственного оборудования, наподобие формовочного пресса, то есть рассматривают её как изолированную единицу”, – отмечает **James White**, директор

аналитической и консалтинговой компании *CIMdata* по направлению *AM*.

Это рискованный подход. Очень немногие компании рассматривают возможность привлечения *PLM* для управления своими *AM*-данными и рабочими процессами. Некоторые респонденты в ходе живого опроса рассказали, что для управления данными, связанными с *AM*-деталью, они применяют папки *Windows*, но большинство из них сегодня не использует никаких программных инструментов – ни *PLM*, ни *PDM* (*Product Data Management*), ни систем управления ресурсами предприятия (*Enterprise Resource Planning, ERP*).

По оценке министерства национальной безопасности США, в 2016 году объем киберинцидентов в промышленности, которыми занималась команда *Control Systems Cyber Emergency Response Team (ICS-CERT)*, был значительным.

“Связанная с *AM* цифровая информация подвержена риску”, – говорит г-н *White*. – “Вам следует обеспечивать надежное управление предприятием и *IT*-поддержку, и в этом может помочь *PLM*. Помните, что *PLM* – это не программный инструмент, а бизнес-стратегия, и что проектирование для аддитивного производства (*DfAM*) тоже подпадает под *PLM*”.

На данный момент рабочий процесс *DfAM* (*Design for Additive Manufacturing* – проектирование деталей специально под аддитивное производство) далек от совершенства и представляет собой набор разрозненных этапов – связанных с людьми, с разработкой изделия, инженерным анализом и оптимизацией конструкции. Это приводит к неконтролируемым проблемам, потерям времени и повышению риска возникновения ошибок. В то же время, шаблоны и формы существующих *PLM*-решений не предусматривают использования для задач *AM* – они спроектированы для традиционного производства.

Следует помнить, что *PLM* – это не программный инструмент, а бизнес-стратегия, и что проектирование для аддитивного производства (*DfAM*) тоже подпадает под *PLM*.

“В основном, существующие *PLM*-решения предназначены для управления информацией об изделиях, изготавливаемых традиционным путем. Теперь же в обиход входят детали, изготовленные либо полностью аддитивным способом, либо в комбинации с традиционным. Однако все корпоративные стандарты *PLM*, разработанные для традиционных деталей (формы, поиск, рабочие процессы, структуры спецификаций материалов, интеграция с *ERP*-системами, управление изменениями), не охватывают *AM*-деталь с её уникальными особенностями”, – констатирует г-н *White*.

AM как рабочий процесс под эгидой PLM

Итак, как же нам обеспечить управление *AM*-деталью и процессами средствами *PLM*? Давайте подробнее рассмотрим создание *AM*-детали как рабочий процесс в рамках *PLM*, поскольку в итоге *AM*-продукт должен соответствовать тем же корпоративным стандартам качества, затрат/сроков, складского хранения, нумерации и т.д., что и традиционный продукт, поставляемый клиентам. “К примеру, если одна *AM*-деталь в автомобиле, самолете или *iPhone* не будет соответствовать стандартам, это может поставить под угрозу всё изделие. Подумайте про космический челнок *Space Shuttle Challenger*, автомобили *Toyota Prius* и *Tesla* или смартфон *Samsung Galaxy*”, – говорит г-н *White*.

PLM обеспечивает управление планированием, проработкой концепции изделия, его проектированием, валидацией, изготовлением и поддержкой производственных процессов,

тогда как аддитивное производство затрагивает разные департаменты, дисциплины, рабочие потоки и системы в масштабе всего предприятия. В качестве примера задач *AM* можно назвать редактирование файлов, управление материалами, контролируемое охлаждение, пробный выпуск, изготовление партии на *AM*-машине, финишные операции. Воплощение всего этого в жизнь требует гибкости и трансформации бизнеса.

“Аддитивное производство пересекается с проектированием, инженерным анализом, оптимизацией топологии, *PDM* и [обычным] производством, и чтобы охватить всё это в полной мере, требуется трансформация бизнеса. Потому что есть то, что мы можем перестать делать после внедрения *AM*, но есть и то, что мы должны начать делать. Так что необходимо учитывать влияние на бизнес”, – говорит г-н *White*.

В центре рабочего процесса находится спецификация изделия (*BOM*), которая вбирает в себя результаты *DfAM* и всего того, что происходит после проектирования. Г-н *White* объясняет течение информационного потока через использующую аддитивные технологии компанию и то, как *PLM*-система управляет цифровыми данными по мере их продвижения, следующим образом (рис. 1). Структуры изделий начинаются с требований к ним, которые становятся характеристиками в *BOM*, которые в ходе процесса создания изделия (от инжиниринга до производства и т.д.) собирают и обрастают дополнительными данными по мере продвижения с этапа на этап. Все детали должны соответствовать определенным

измеряемым показателям качества, себестоимости и сроков, чтобы гарантировать своевременную поставку конечного изделия. По сравнению с традиционным способом, аддитивное производство порождает другие вызовы. Так, инженерам *AM* нужна возможность печатать или изготавливать детали на протяжении всего жизненного цикла изделия. *PLM*-решение должно охватывать и поддерживать процессы *AM*, чтобы компании могли включать их в общий производственный процесс.

Пирамида DfAM

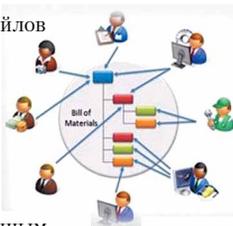
Компания *CIMdata* разработала 4-уровневый подход реализации *PLM* для управления *AM*-деталью и процессами (рис. 2). Этот подход наглядно отображает **Пирамиду DfAM** (*Design for Additive Manufacturing* – проектирование под аддитивное производство).

● Проектирование

- Унаследованные конструкции
- *DfAM*: генерация идей, работа в *CAD*-системе, оптимизация топологии
- Источник данных
- Редактирование файлов с данными

● Численное моделирование

- Оценка
- Что будет, если ...
- Управление жизненным циклом расчетных данных (*SLM*)
- Производство: специфика машины, материала, продукции



● PDM

- Образ
- Рабочие процессы
- Текущее состояние
- Изменения

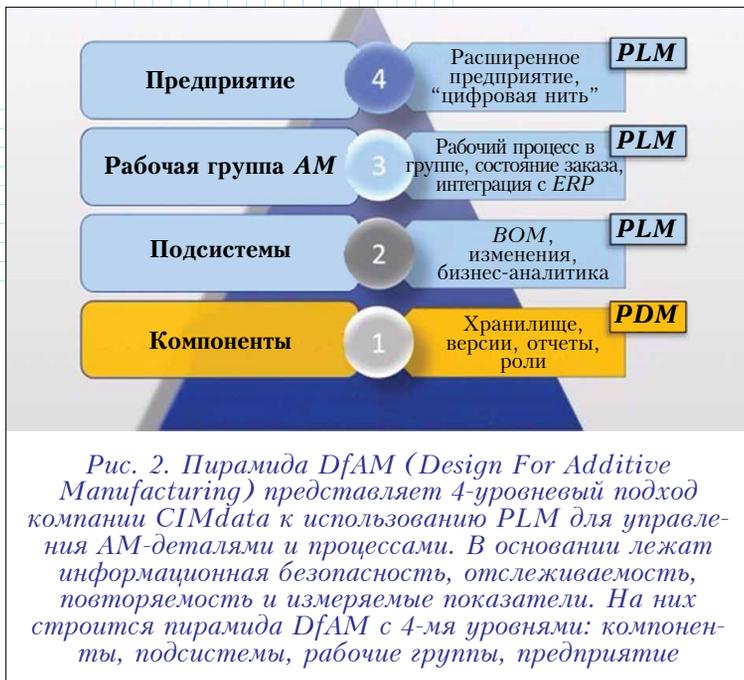
● Трансформация бизнеса

- Оценка влияния *AM*
- Компонент, изделие, сложность портфолио
- Цепочка создания добавленной стоимости

● Производство

- Обеспечение повторяемости
- Технологии *SLS*, *DMLS*, *STL*...
- Пропорции смешивания материалов
- Охлаждение
- Завершающие операции

Рис. 1. В центре рабочего процесса *AM* находится спецификация материалов (*BOM*), в ходе его выполнения вбирающая в себя всё больше данных. Управление всем этим должна обеспечивать *PLM*-система



В основании лежат информационная безопасность, отслеживаемость, повторяемость и измеряемые показатели. На них строится пирамида DfAM с 4-мя уровнями: компоненты (то есть отдельные детали), подсистемы, рабочая группа AM, предприятие в целом (два верхних уровня определяют организационные особенности при производстве компонентов и подсистем).

В табл. 1 сведены необходимые возможности управления данными для каждого уровня пирамиды. Это показывает, что такое "цифровая нить", соединяющая всю AM-информацию на протяжении жизненного цикла изделия.

Для внедрения DfAM необходимо принимать во внимание рабочую группу AM (её рабочая активность тесно связана с AM-машиной) и рабочий процесс в этой группе (управление порошком, работа с CAD/CAE-системами, PDM, 3D-печать, охлаждение, распаковка, удаление фиксирующих элементов, финишные операции), а также предприятие в целом (все остальные [программные] инструменты и

департаменты вне рабочей группы AM, вовлеченные в процесс).

"Рабочая группа AM хочет автономии, и её рассматривают как [обычную] производственную машину, тогда как на самом деле каждая сторона должна делиться данными и обеспечивать их взаимную синхронизацию, когда вносятся изменения", – говорит г-н White.

Изучение встречных требований помогает примирить желание автономности со стороны рабочей группы AM с требованиями по управлению со стороны PLM.

Каким образом компании могут достичь необходимой степени управления с помощью PLM, чтобы осуществлять контроль рабочего процесса в рабочей группе AM?

Идеальное взаимодействие требует соблюдения правильного баланса между PLM и AM, а также полной отслеживаемости состояния процессов и обеспечения повторяемости. Для этого необходимо охватить:

- Членов рабочей группы AM, используя PLM для управления конкретным рабочим процессом, включающим в себя SLM (управление жизненным циклом расчетных данных), PDM, управление собственно AM-производством, качеством, характеристиками машины/материала, финишными операциями.
- Инженерный отдел, который решает задачи обеспечения качества, изменения геометрии и структуры, используя при этом PLM-решение с автоматизированным контролем версий/ревизий.
- Членов рабочей группы AM, которые получают доступ к функционалу PLM через специальные AM-шаблоны, поля поиска и формы, связанные с базой данных PLM-системы.
- Членов рабочей группы AM, связывающих применяемые этой группой программные инструменты с системой PLM так, чтобы панели бизнес-анализа (BI) показывали состояние всех компонентов AM по таким ключевым показателям эффективности, как сроки, материал и себестоимость. ☺

Табл. 1. Четырехуровневое управление данными AM

Уровень пирамиды		Требуемое управление
1	DfAM – Компоненты	План, данные, подход и управление, требующие PDM в качестве основного инструмента управления
2	DfAM – Подсистемы	Спецификации материалов, управление изменениями и бизнес-аналитика – необходим функционал PLM
3	DfAM – Рабочая группа AM	Рабочий процесс, состояние, интеграция с ERP – необходим функционал PLM
4	DfAM – Предприятие	Расширенное предприятие и "цифровая нить" – необходим функционал PLM