

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ

УДК 542.183

О НАУЧНЫХ ПОДХОДАХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

© 2018 А. П. Преображенский, Н. М. Токарева

Воронежский институт высоких технологий (г. Воронеж, Россия)

ООО «3Д-комплекс» (г. Воронеж, Россия)

Работа посвящена анализу основных научных методов и подходов, используемых в сфере аддитивных технологий. Отмечены основные особенности математического моделирования и эксперимента.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D-моделирование, научный метод.

Интенсивное развитие аддитивных технологий (АТ) наблюдается на примере, как трехмерные изображения получают на дисплеях компьютеров. Стереолитографию можно рассматривать как первый шаг, затем стали совершенствоваться различные новые принципы, что дало повод говорить о технологиях быстрого прототипирования (RapidPrototyping). Таким образом, термин «аддитивные технологии» можно рассматривать как итоговый вариант [3, 6].

Интенсивность развития АТ очень бурная. Принципиальным образом подобные технологии повлияли процессы проектирования и то, как конструируются изделия. По сути дела, пришли к процессам непрерывного создания изделий. Сейчас без АТ невозможно представить проектирование на современном этапе и производство изделий. 3D-принтеры в западных странах сейчас уже столь же привычные и распространены, как персональные компьютеры.

Нерешенные задачи есть еще в сфере, относящейся к характеристикам производительности аддитивных процессов [5, 7, 10], в том какая достигается точность, в характеристиках применяемых материалов. Однако пути решения известны.

Именно поэтому по сей день продолжают научные исследования в данной области. В этих исследованиях используются такие научные методы как наблюдение, анализ, синтез, измерение, эксперимент.

В данной работе будут рассмотрены примеры использования научных методов в исследованиях в сфере АТ.

АТ (3D-печать) являются видом радикальных технологических инноваций, находящимся в настоящее время в стадии активного внедрения в различные отрасли экономики.

Предполагается в АТ, что объект изготавливается за счет того, материал послойно наносится (добавление, англ. – «add»). Метод формирования объекта отличается от того, какие есть традиционные, вследствие удаления материалов (subtraction – вычитание) из общего массива.

Практическое применение АТ в настоящее время находится в стадии роста как количественного – увеличение масштабов деятельности, так и качественного – совершенствование оборудования, материалов и способов формообразования, повышение точности, конструктивной сложности изделий, производительности труда [8, 9], снижение себестоимости продукции. Именно поэтому научные исследования в данной сфере очень актуальны на настоящий момент.

Научные исследования сферы АТ проводятся различными научными методами, такими как наблюдение, измерение, анализ, синтез, эксперимент, моделирование.

Самый основной и наиболее эффективный метод научного исследования в сфере АТ – это, конечно, эксперимент. Начиная от самых истоков развития этого направления эксперимент играет самую важную роль, да и, по сути, само развитие АТ это есть эксперимент.

Преображенский Андрей Петрович – Воронежского института высоких технологий, д. т. н., профессор, app@vivt.ru.

Токарева Наталия Михайловна – ООО «3Д-комплекс», генеральный директор, tokkarrewwa__561@mail.ru.

В России сферу АТ эффективно осваивает Национальный институт авиационных технологий. К примеру, несколько лет назад ОАО НИАТ провело эксперимент по замене в самолетном двигателе сварных топливных форсунок на 3D-печатные. Результатом эксперимента стали снижение брака, а также уменьшение массы всего изделия на 17 %.

Помимо разнообразных деталей экспериментируют и с материалом, из которого они производятся, и с технологиями добавления этого материала при 3d-печати. Изделия создаются за счет добавления металлического порошка, либо металлической проволоки, либо металлической расплава туда, куда нужно. Такой подход позволяет с одной стороны очень сильно экономить материал, а с другой стороны совершенно революционным образом повышать производительность процессов. И что раньше делалось месяцами, сейчас можно выполнить за часы. Также АТ дают возможность создать изделия такой формы, которую не могут воспроизвести никакие другие традиционные технологии [1].

Создание виртуального 3D-принтера это применение такого метода научного исследования как моделирование.

Толщина слоев печати может варьироваться от 20 до 200 микрон – все зависит от задачи. Например, если нужно просто изготовить прототип разъема, чтобы понять, насколько плотно туда входит, например, печатная плата, можно использовать достаточно толстые слои, где не требуется высокое качество изготовления. И меньшее число слоев позволяет его быстрее построить. А вот если нужно обеспечить высокое качество готового изделия, придется разбивать модель на большее количество максимально тонких слоев.

Толщина слоев напрямую зависит от используемого порошка. Как правило, для таких машин размер гранул варьируется от 15 до 50 микрон. При этом чтобы получить равномерные слои, нужно соблюсти ряд требований к сферичности и сыпучести металлических порошков. Это обусловлено особенностями систем подачи порошкового материала в зону плавления и формированием в ней плотного равномерного слоя заданной толщины.

Работы по созданию принтера и отечественных порошков ведутся параллельно. Создание отечественных принтеров и изготовление разнообразных материалов для печати – это также применение таких методов

научного исследования как анализ, синтез и эксперимент.

При изготовлении различных деталей с помощью АТ также используется метод измерений. При лазерном плавлении порошковых материалов очень важно контролировать процесс изготовления детали, следить за изменением характеристик металлов: измерять температуру в точке плавления, фиксировать перегревы и возможные испарения. До недавнего времени такие измерения были затруднены: например, у титана температура плавления 1800°C, а большинство тепловизоров рассчитаны на измерения максимум до 1000°C. Однако стали появляться высокочувствительные датчики, которые расширили возможности наблюдения при больших температурах, и следить за процессом плавления становится намного проще.

В машине используется современный тепловизор. У него большая матрица, и мы видим карту температур на всей области построения. Но импортные принтеры по этому параметру пока впереди. Их оборудование оснащено вспомогательными оптическими системами, которые позволяют измерять температуру прямо в точке плавления, что точнее. Кроме того, они следят за мощностью лазерного излучения, у нас этого пока нет. В конструкции серийного принтера это отставание предполагается устранить.

Также при создании различного рода 3D-объектов используются такие методы, как математическое моделирование и как следствие – формализация (то есть перевод полученных данных на математический язык). Точность размеров и качество полученной детали в 3D-принтерах зависит от усадки пластика в процессе его охлаждения и затвердевания. Уменьшение линейных размеров прототипа по сравнению с размерами цифровой трехмерной модели может называться по аналогии с процессом литья линейной усадкой. Усадка – отрицательное явление т. к. наличие усадки может привести к изменению объема и размеров изготавливаемых деталей.

Для контроля процесса усадки и увеличения точности размеров и качества детали создаются математические модели процессов 3D-печати, которые дают возможность с удовлетворительной точностью рассчитать характеристики 3D-объекта – в частности усадку, деформации, силы, контактные давления. А создание математической модели это и есть формализация, то есть перевод данных эксперимента и наблю-

дения на математический язык. Интересны закономерности, связывающие высоту микронеровностей и параметры накладываемого слоя, зависимость величины усадки при образовании отверстий от толщины стенки детали и многое другое [5].

Благодаря появлению инновационных материалов, 3D-принтеров и новых методов проектирования человечество сможет создавать объекты, способные по команде осуществлять самосборку, изменять свои форму и свойства. Благодаря последним достижениям в области компьютерного моделирования и материаловедения, стало возможным создание программируемых материалов, из которых человек будет изготавливать объекты, способные к самоорганизации – такие, которые смогут сами себя собирать и выстраивать, изменяя при этом свои форму и свойства при внешнем воздействии. Ученые уже научились создавать самосборные механизмы, правда, пока совсем крошечные, наноразмерные, они используются в качестве биохимических датчиков, электронных устройств и средств доставки лекарственных веществ внутри организма человека.

Вывод. В настоящее время АТ быстро развиваются, и недостатков становится все меньше. Это происходит благодаря постоянным научным исследованиям в данной области. Проанализировав различные примеры развития и использования АТ, можно прийти к выводу, что основным научным методом исследования в данной области является эксперимент, так же достаточно интенсивно используются такие методы как анализ, синтез, наблюдение, измерение, моделирование, математическое моделирование и формализация [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Аддитивные технологии в машиностроении: транспортная область [Электронный ресурс] режим доступа: <https://3d-expo.ru/ru/article/additivnie-tehnologii-v-mashinostroenii-transportnaya-otrasl-75782>.

2. Зленко М. А. Аддитивные технологии в машиностроении: учебное пособие /

М. А. Зленко, М. В. Нагайцев, В. М. Довбыш. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. – 220 с.

3. Лаборатория аддитивных технологий и проектирования материалов [Электронный ресурс] режим доступа: http://fpi.gov.ru/laboratory/3d_material.

4. Львович И. Я. Основы информатики / И. Я. Львович, Ю. П. Преображенский, В. В. Ермолова; Воронежский институт высоких технологий. – Воронеж, 2014. – 339 с.

5. Мухамадеева Р. М. Исследование аддитивных технологий в промышленном производстве новых изделий в Казахстане / Р. М. Мухамадеева, А. М. Шарипова // Технические науки – от теории к практике: сб. ст. по матер. LXII междунар. науч.-практ. конф. № 9(57). – Новосибирск: СибАК, 2016. – С. 54-60.

6. Мухамадеева Р. М. Параметры аддитивной технологии при 3D печати // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). – № 4. – 2014 – С. 118-119.

7. Мухамадеева Р. М. Проблемы профессионально-технического образования в Казахстане / Р. М. Мухамадеева, И. А. Мухамадеева, Н. В. Акохова // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – № 11. – Ч. VI. – 2015. – С. 108-112.

8. Орлова Д. Е. Устойчивость решений при обеспечении функционирования организационно-технических систем / Д. Е. Орлова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2018. – Т. 6. – № 1 (20). – С. 325-336.

9. Тишуков Б. Н. Повышение эффективности функционирования объектов со структурновариативной формой управления на основе оптимизационного моделирования / Б. Н. Тишуков // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2018. – Т. 6. – № 1 (20). – С. 288-298.

10. 3D: в ногу со всем миром. [Электронный ресурс] режим доступа <http://atomicexpert.com/page216858.html>.

ABOUT SCIENTIFIC APPROACHES IN ADDITIVE MANUFACTURING

© 2018 A. P. Preobrazhenskiy, N. M. Tokareva

Voronezh Institute of High Technologies (Voronezh, Russia)

LLC «3D complex» (Voronezh, Russia)

The paper is devoted to the analysis of the main scientific methods and approaches used in the field of additive technologies. The main features of mathematical modeling and experiment are noted.

Key words: additive technologies, 3D-modeling, scientific method.