

ОСОБЕННОСТИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

© 2016 А. П. Преображенский

Воронежский институт высоких технологий

Вой статье обсуждаются особенности перспективного направления – аддитивных технологий. Кратко рассмотрена история развития данных технологий, отмечены основные достоинства.

Ключевые слова: аддитивные технологии, наплавка, объемное деформирование, нанесение металлических и неметаллических покрытий.

Цифровые технологии нашли свое применение в медицинской сфере, космонавтике, процессах производстве различных видов готовой продукции и в процессах прототипирования. Хотя 3D печать рассматривают как одно из основных открытий в сегодняшнем веке, на самом деле аддитивные технологии возникли несколько ранее.

Аддитивное производство – является понятием очень широким, оно включает в себя и большое число классических технологий. Среди них можно отметить формирование полупроводниковых гетероструктур на основе методов, использующих молекулярно-лучевую эпитаксию и CVD – химическое осаждение из газовой фазы (1960-х годах 20 в.), использование офсетной печати (известна с XVIII века), процессы нанесения многослойных покрытий на образцы при помощи различных способов, процессы возведения кирпичных стен – «камень кладется на камень, кирпичи кладут на кирпичи», также создаются украшения для тортов при помощи кремowych розочек, которые кулинары выдавливают из специальных шприцов, в основе тортов применяют многослойную структуру. Создание гигантской скульптуры «Рабочий и колхозница», авторами которой являются В. И. Мухина и Б. М. Иофан (1937 г.) – является примером аддитивного производства. Проводили разрезы по слоям метровой модели скульптуры, тщательным образом их измеряли, потом производили пропорциональное увеличение размеров и на их основе были изготовлены деревянные формы, которые позволили выгнуть стальные листы по каждому слою, а потом они были сварены как готовая скульптура. Но мы сейчас имеем в виду новейшие аддитив-

ные технологии, где основная роль связана с компьютерным моделированием трехмерных деталей, имеющих любую сложность и осуществление их воссоздание постепенно слой за слоем на основе того, что применяются автоматические системы.

Можно отметить большое число технологий, которые мы можем называть аддитивными, в качестве объединяющего компонента в них одно и то же: формирование модели осуществляется на основе того, что добавляется материал (от англ. add – «добавлять»), это отличает подобные подходы от традиционных технологий, в которых детали создаются за счет того, что происходит удаление «лишнего» материала.

В качестве классической и достаточно точной технологией считают SLA-технологию (от Stereolithography Apparatus), или стереолитографию, – проведение послойного отверждения жидкого фотополимера при помощи лазера.

Есть различные фотополимерные композиции, в этой связи спектр использования прототипов, которые получены на основе SLA-технологии, весьма широк: создание макетов и масштабных моделей для проведения аэро- и гидродинамических испытаний, формирование литейных и мастер-моделей, дизайн-моделей и прототипов, функциональных моделей и др.

В технологии применяется подход, придуманный Отто Джоном Мюнцем в 1951 году. В аппарате Мюнца происходило смещение поршня в цилиндре на небольшое расстояние и при этом освобождалось пространство для слоя, оно заполнялось при помощи светочувствительного полимера. Потом полимер облучался светом таким образом, что происходило его застывание лишь для определенного участка. При следующем движении поршня – создавали еще

один слой, потом происходил следующий цикл, связанный с отверждением и т. д. Как результат из многих слоев создавали объемную полимерную модель.

Это считают ключевым принципом, который лежит в основе современной стереолитографии (SL).

Проведение селективного лазерного спекания – использование SLS-технологии (Selective Laser Sintering), Selective Laser Melting) – является еще одним важным направлением в аддитивных технологиях.

В ней в качестве строительного (модельного) материала используют сыпучие, порошкообразные материалы, в качестве источника тепла применяют лазер, за счет него идут процессы сплавления частичек порошка. Модельными материалами являются полимерные, и металлические порошки.

Порошкообразные полиамиды применяют большей частью для того, чтобы проводить функциональное моделирование, макетирование и изготовление контрольных сборок. Полистирол применяют для того, чтобы изготавливать литейные выжигаемые модели.

В качестве отдельного направления можно отметить проведение послойного лазерного спекания (сплавления) металлпорошковых композиций. Вследствие того, что развивается такое направление AF-технологий, идет стимулирование и развития технологий формирования порошков металлов. На настоящий момент в номенклатуру металлических композиций входит большой спектр материалов, имеющих в составе Ni и Co (CoCrMo, Inconel, NiCrMo), базирующихся на Fe (в инструментальных сталях: 18Ni300, H13; нержавеющей стали: 316L), на базе Ti (Ti6-4, CpTigr1), на базе Al (AlSi10Mg, AlSi12). Производят порошки бронз, специальные сплавы, а также драгметаллы – в основном для потребностей дентальной медицины.

На основе металлических порошков происходит «выращивание» заготовок пресс-форм, специальных инструментов, оригинальных деталей сложной конфигурации, которые очень трудно или невозможно достичь на основе литья или механообработки, имплантов и эндопротезов и многого другого. Уже в настоящее время для штучного и мелкосерийного производства часто экономически выгодно сделать «выращивание» небольшой партии деталей при помощи SLS-машины, чем делать изготовление литейной или штамповой оснастки. совме-

стно с HIP (Hot Isostatic Pressing – горячим изостатическим прессованием) и при соответствующей термообработке подобные детали не только не хуже литых или кованных изделий, но и лучше их по прочностным характеристикам на 20-30 %.

Весьма перспективны можно отметить для еще одной аддитивной технологии, которая связана с технологиями «струйной печати» – InkJet- или PolyJet-технология. В этой технологии предполагается, что наносится модельный материал или связующий состав на основе струйных головок. С точки зрения практики InkJet-технологии представляют интерес в литейном деле.

Они дают возможности для «выращивания» непосредственно литейных форм, то есть «негативов» деталей, и сделать исключение стадий создания формовочных оснасток – мастер-моделей и литейных моделей. Компанией ExOne (и ее дочерним предприятием ProMetal GmbH) проводится выпуск машин типа S-Max, их позиционируют не в виде «прототипирующих машин», а в виде обычного технологического промышленного оборудования, которое устанавливается в общую технологическую цепь производства не только опытных, но и серийных продукций.

Практически во всех автомобильных компаниях мира существуют подобные машины. На их основе стало возможно не в разы, а на целый порядок уменьшить время, требующееся НИОКР для критически важных в автостроении позициях – литейные детали: говорят о блоках и головках цилиндров двигателей, мостах и коробках передач, деталях, которые, чтобы изготовить в традиционных опытных производствах тратили месяцы, а если учитывать экспериментальную доводку и подготовку производств – многие месяцы.

В настоящее время конструкторы могут увидеть новые двигатели на испытательных стендах не после того, как прошло полгода, а через две недели после того, как завершился технический проект.

В качестве родоначальника отрасли считают Чарльза Халла, основателя компании 3D Systems. Более 30 лет назад, в 1986 году инженером был впервые собран стереолитографический 3D-принтер, вследствие чего цифровыми технологиями был сделан заметный рывок вперед. Почто одновременно Скоттом Крапом, который позже основал компанию Stratasys, был впервые выпущен FDM-аппарат. И затем стал наблюдаться стремительный рост рынка трех-

мерной печати, стали появляться новые модели, связанные уникальным печатным оборудованием.

Вначале обеими технологиями SLA и FDM происходило развитие параллельно только в направлениях промышленных производств, но в 1995 году студентами Массачусетского технологического института, Джимом Бредтом и Тимом Андерсоном, была внедрена технология послойного синтеза материалов в корпусы обычных настольных принтеров. Это определило общедоступность 3D-технологий. Была основана компания Z Corporation.

Сейчас AF-технологии применяют практически везде: в научно-исследовательских организациях на их основе формируют уникальные материалы и ткани, на промышленных гигантах применяют 3D принтеры для того, чтобы ускорить прототипирование новых видов продукции, в архитектурных и конструкторских бюро 3D печати рассматривают в качестве нескончаемого строительного потенциала, дизайн-студиями была определена новая жизнь в дизайнерском бизнесе вследствие аддитивных машин.

В начале 21 века сразу несколькими независимыми друг от друга группами ученых начались исследования, связанные с использованием технологий 3D печати в строительном производстве.

Инженеры в британском Университете Лафборо, которые работали под руководством доктора Сунгву Лима, смогли сформировать особый цементный состав, который позволял печатать изделия, имеющих любые формы: например, говорят о выпуклых, краеугольных, изогнутых, кубических.

Шанхайской компанией Shanghai WinSun Decoration Design Engineering Co смогли собрать 3D-принтер WinSun, имеющих внушительные размеры: 150 метров в длину и 10 метров в ширину, на его основе в течение нескольких часов можно провести печать здания высотой несколько метров.

В качестве достоинств аддитивных технологий отмечают следующие:

- готовая продукция обладает улучшенными свойствами. Вследствие послойного построения, изделия имеют уникальный набор свойств. В качестве примера, детали, которые создают на металлических 3D-принтерах по характеристикам механического поведения, плотности, остаточным напряжениям и другим характеристикам

лучше аналогов, полученных на основе технологии литья или механической обработки.

- достижение большой экономии сырья. В аддитивных технологиях применяют практически тот объем материала, который требуется для производства изделий. Для традиционных способов формирования изделий потери по сырью могут достигать до 80-85 %.

- существование возможностей для формирования изделий, имеющих сложную геометрию. На основе оборудования для аддитивных технологий есть возможности производства предметов, которые мы не можем получать другими способами. В качестве примера можно привести, деталь, которая находится внутри другой детали. Или требуется сделать весьма сложные системы охлаждения, базирующиеся на сетчатых конструкциях (такого мы не можем достичь ни на основе литья, ни на основе штамповки).

- возможность мобильности производств и ускорения обмена данными. При рассматриваемых подходах нет необходимости в чертежах, замерах и громоздких образцах. Аддитивные технологии базируются на компьютерной модели будущего изделия, ее мы можем очень быстро передать в любую точку земного шара и сразу приступить к производству.

- возможность относительная легкого обучения сотрудников

Формирование детальной трехмерной модели определенного изделия, не является простым занятием, но мы можем говорить о том проще, чем делать воспроизведение подобной пробной детали в реальности на основе ручного подхода. Сделать обучение людей, имеющих пространственное воображение, для работ с компьютерными программами является более простым, если сравнивать с освоением несколько профессий с тем, чтобы самостоятельным образом создавать прототип изделия в натуральную величину вручную.

ЛИТЕРАТУРА

1. Horn T. J. Overview of current additive manufacturing technologies and selected applications. / T. J. Horn, O. L. A. Harrysson // Science Progress 09/22/2012. Science Reviews 2000 Ltd. ISSN: 0036- 8504 [Электронный ресурс] Режим доступа: Источники <http://www.freepatentsonline.com/article/Science-Progress/306753585.html>.

2. 3-D Printing Manufacturing Process is Here.; Independent global forum for the Un-

manned Aircraft Systems community, UAS Vision. [Электронный ресурс] режим доступа: <http://www.uasvision.com/2012/07/16/3-d-printing-manufacturing-process-is-here/>

3. Yasa E. Application of laser re-melting on Selective laser melting parts. / E. Yasa, J.Kruth//Catholic University of Leuven, Dept. of Mech. Eng, Heverlee, Belgium. Advances in Production Engineering & Management 6 (2011) 4, pp.259-270. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/332611/2/APEM6-4_259-270.pdf

4. Beyer E. New Industrial Systems & Concepts for Highest Laser Cladding Efficiency / E.Beyer // Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik. MAY 6, 2011 in LASER CLADDING, LASER MANUFACTURING [Электронный ресурс] режим доступа <http://www.lia.org/blog/2011/05/high-performance-laser-cladding/>

5. UK Government offers investment in AM. TCT additive manufacturing and professional 3D printing. October 22, 2012 [Элек-

тронный ресурс] режим доступа: <http://www.tctmagazine.com/articles/uk-government-offers-investment-in-am/>

6. UAV fully fabricated by additive layer manufacturing. 27 August 2012 [Электронный ресурс] режим доступа <http://www.greencarcongress.com/2012/08/sulsa-20120827.html>

7. Minlin Zhong. Overview of Laser Additive Manufacturing in China / Zhong Minlin // Tsinghua University [Электронный ресурс] <http://www.lia.org/blog/2011/05/overview-of-laser-additivemanufacturing-in-china/>

8. Зленко М. Аддитивные технологии в опытном литейном производстве. Технологии литья металлов и пластмасс с использованием синтез-моделей и синтез-форм / М. Зленко, П. Забеднов // [Электронный ресурс] http://ksystec.ru/download/additiv_tech.pdf

9. Валетов В. А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы) / В. А. Валетов // Учебное пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 63 с.

THE FEATURES OF ADDITIVE TECHNOLOGIES

© 2016 A. P. Preobrazhenskiy

Voronezh Institute of High Technologies

The paper discusses the features of the perspective directions of additive technologies. We briefly describe the history of the development of these technologies, the main advantages are shown.

Keywords: additive technologies, welding, bulk deformation, the application of metallic and non-metallic coatings.