

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ**АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ****Чижик С.А.***Национальная академия наук Беларуси
Минск, Республика Беларусь*

Технологии современного аддитивного производства начали формироваться в 80-х годах, с развитием средств автоматизации инженерных расчётов (CAE – computer-aided engineering), осуществляющих анализ и динамическое моделирование физических процессов, проверку и оптимизацию изделий, в том числе с использованием компьютерных технологий в проектировании CAD (computer-aided design) и систем автоматизированного производства CAM (Computer-aided manufacturing).

Развитие технологии формирования трёхмерных объектов по компьютерным моделям путём последовательного (последовательного) добавления материала или изменения фазового состояния вещества в заданной области пространства, обеспечило возможность одностадийного высокоточного производства деталей и изделий без их последующей механической обработки.

При использовании технологий аддитивного производства обеспечивается высокий коэффициент использования материалов, сокращение производственных издержек и себестоимости при малых партиях, снижение энергозатрат, исключения ряда технологических операций, с возможностью перехода от массового производства к производству по индивидуальным заказам, когда все стадии реализации проекта находятся в единой CAE-CAD-CAM технологической среде, обеспечивающей, как соответствие изделия проектной документации (цифровой модели), так и возможность быстрой модификации изделия.

Процессы, используемые в аддитивном производстве, определяются состоянием применяемых материалов и могут быть реализованы в жидкой фазе (полимеры, фотополимеры) в стереолитографии, послойной наплавке, струйной печати, в порошкообразном состоянии (полимеры, керамика, металл) в селективном лазерном спекании, селективной лазерной плавке, в прямом лазерном спекании металлов, электронно-лучевой плавке, прямом нанесении металлов, точном лазерном формовании, в твердой фазе при послойном изготовлении объектов из листового материала, произвольном экструзионном формовании.

Устройства и аппаратура для послойного синтеза в настоящее время классифицируются

по: типу модельного материала (жидкий фотополимер, порошковые полимеры и металлы, листовой материал, литейный воск, гипс, гипсочерма, литейный песок, гипс), по способу формирования слоя (погружением, с помощью многоструйного распыления, укладкой листового материала), по способу фиксации и отверждения слоя (лазерным лучом, ультрафиолетовой лампой, жидким связующим).

К числу наиболее перспективных аддитивных технологий относится стереолитография (STL – stereolithography), отверждение на твёрдом основании (SGC – Solid Ground Curing); нанесение термопластов (FDM – Fused Deposition Modeling); распыление термопластов (BPM – Ballistic Particle Manufacturing); лазерное спекание порошков (SLS – Selective Laser Sintering); моделирование при помощи склейки (LOM – Laminated Object Modeling); технологии много-слопного моделирования (MJM Multi Jet Modeling).

В частности, использование технологии 3SP™ (Scan, Spin and Selectively Photocure) для создания трёхмерных объектов методом управляемой фотополимеризации, обеспечивает точность формирования изделий до 10-25 мкм без последующей усадки с коэффициентом использования материала до 98%.

Использование систем послойного лазерного спекания металлических и керамических порошков позволяет изготавливать модели и оснастку из керамических (электрокорунд, муллит, оксид циркония) и металлических порошков (нержавеющие стали, инструментальные стали, сплавы цветных металлов, жаропрочные сплавы) методом твердофазного синтеза. При этом обеспечивается возможность создания изделий, которые невозможно изготовить традиционными промышленными способами: изделий с заданной пористостью, решетчатых структур, изделий с внутренней системой охлаждения.

Применение технологии 3DP, основанной на послойном нанесении модельного материала и склеивающего вещества, обеспечивает создание цветных трёхмерных прототипов из гипса, сочетая высокую точность (до 10 мкм) и скорость формирования изделий с низкой себестоимостью производства прототипа за счет низкой стоимо-

сти материала и его безотходного производства.

Особую роль аддитивные технологии получили в модернизации литейного производства, позволяя создавать литейные модели и формы, которые невозможно изготовить традиционными способами. Развитие технологий вакуумного формования и вакуумного литья по формам и моделям, полученным аддитивными технологиями, позволило сократить сроки изготовления пилотных, опытных образцов и серийной продукции в разы. Последние достижения в области порошковой металлургии позволили существенно расширить возможности аддитивных технологий по непосредственному «выращиванию» функциональных деталей из металлов и получению новых конструкционных материалов с уникальными свойствами (технологии «spray forming» и др.).

Следует отметить, что не снижается интерес к изготовлению узлов и моделей для литья по выжигаемым моделям, и по-прежнему широко используется создание конструкторских прототипов для оценки их функциональности и последующей оптимизации.

Во многих случаях для контроля качества создаваемых трехмерных объектов эффективно применяются 3D сканеры и специализированное программное обеспечение (например Rapidform XOV, OPTOCAT, Geomagic Qualify, PolyWorks Inspector), используемое для сравнение скана с 3D CAD-моделью и конструкторской документацией, в том числе путем создание сечений и сравнение с данными 2D-чертежей с оценкой погрешностей формы и расположения (плоскостности, параллелизма и концентричности).

В настоящее время аддитивные технологии получили наибольшее распространение в машиностроении и автомобильной промышленности, радиотехнической и электронной промышленности, аэрокосмической технике, медицине (в том числе в стоматологии и протезировании), науке и образовании, строительстве и архитектуре и военно-техническом комплексе. Среди стран, ведущих разработки в области аддитивного производства, лидирующее положение занимают США, Япония, Германия, Китай, Великобритания, Италия, Франция, Республика Корея, Тайвань.

Во многом интерес к развитию этих технологий связан с тем, что современные технологии аддитивного производства позволяют значи-

тельно уменьшить техногенное воздействие на окружающую среду. При использовании аддитивных технологий значительно сокращается количество обрабатываемого исходного материала (до 90%), снижается энергоемкость производства и количество материала требующего переработки. Кроме того, аддитивное производство, обеспечивает возможность производства изделий непосредственно в том месте, где они нужны, и когда они нужны, сокращая издержки на складские запасы, транспортировку, хранение и логистику.

Внедрение технологий аддитивного производства требует комплексного подхода, включающего вопросы подготовки специалистов, создания интегрированной среды проектирования и подготовки производства, развития систем автоматизированного проектирования.

Одним из возможных направлений развития аддитивного производства может стать создание региональных центров аддитивного производства, обеспечивающих доступ малых и средних предприятий к современному высокотехнологическому оборудованию, с целью повышения качества и конкурентоспособности продукции, сокращению сроков выполнения НИОКР и сроков вывода на рынок новой продукции. Создание таких технологических центров обеспечивает максимальную окупаемость технологического оборудования, быстрое реагирование на запросы рынка, способствует росту квалификации персонала предприятий.

В Республике Беларусь сделаны первые шаги по освоению аддитивных технологий, выражающиеся в создании прототипов 3D принтеров, в первую очередь на базе термополимерных материалов, предложении самих расходных материалов, подготовке образовательных курсов и создании соответствующих кафедр в университетах. Проведен ряд семинаров по популяризации аддитивных технологий. Определены задачи исследований в области мехатроники и точной механики, аддитивного материаловедения. Намечены шаги по развитию технологий 3D печати для промышленных приложений. В стране назрела целесообразность формирования научных и научно-технических программ, объединяющих усилия приборостроителей, материаловедов и IT-специалистов для интенсификации разработок и освоения в производстве аддитивных технологий.