

процессов обработки, которые обеспечивают требуемые качественные показатели изготавливаемых деталей. При этом наряду с базовыми используются те или иные воздействия на материал детали, позволяющие усиливать достоинства и снижать недостатки традиционных видов обработки. Такой подход позволил разработать около 20 новых видов комбинированных процессов. Теоретический анализ показывает, что уже при современном уровне развития науки и техники возможно проектирование около 800 высокоэффективных способов обработки.[4]

Следует отметить, что приоритет в области разработки и использования комбинированных методов принадлежит отечественным ученым. Поэтому именно в нашей стране были разработаны все основные применяемые нетрадиционные технологии.[4]

Литература.

1. Современные технологии и производство <http://www.sciential.ru/library/modern-technology/0610.htm> .
2. Электрофизические методы обработки [http://studopedia.ru/2\\_100200\\_elektrofizicheskie-metodi-obrabotki.html](http://studopedia.ru/2_100200_elektrofizicheskie-metodi-obrabotki.html) .
3. Электрофизические и электрохимические методы обработки <http://lib.rosdiplom.ru/library/prosmotr.aspx?id=498005> .
4. СТАНКИ, ОБОРУДОВАНИЕ, ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ [http://virtex-group.com/metody\\_obrabotki\\_metallov](http://virtex-group.com/metody_obrabotki_metallov) .

#### **МЕТОДЫ АДДИТИВНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ**

*В.В. Ворошилов, студент группы 10730,*

*научный руководитель: к.т.н., доцент Сапрыкина Н.А.*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

*Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

На протяжении длительного времени формообразование изделий осуществлялось по двум направлениям: с удалением материала, без удаления материала. К технологиям обработки с удалением материала относят все виды обработки резанием, электрохимическую, электроэрозионную обработку, плазменную, лазерную резку и т.п. Для реализации этой технологии и достижения требуемой точности требуется наличие большого количества инструментов, форма которых, как правило, определяет геометрию получаемых поверхностей.

К технологиям обработки без удаления материала относят обработку давлением, литейные технологии и термообработку. Данные технологии применяются в промышленном производстве заготовок и готовых изделий с использованием литейных форм, штампов и кованых инструментов. Постепенно повышались точность и производительность этих технологий, усложнялась геометрия изделий, но до конца двадцатого века новых методов формообразования создано не было. Появление систем автоматизации проектирования (CAD/CAM/CAE) повлияло на развитие новой технологии формообразования - аддитивной.

Аддитивные технологии направлены на создание сложных объемных изделий путем последовательного добавления материала (или материалов). К данным способам относятся - напыление, наплавка, осаждение, быстрое прототипирование. Изготовление сложных изделий с помощью этих методов в большинстве случаев не требует сложной формообразующей оснастки. В свою очередь технологии быстрого прототипирования позволяют изготавливать как физические модели изделий, не предназначенные для функционального использования в каких-либо устройствах, так и функциональные изделия.

В настоящее время сложно назвать область деятельности, где не используются технологии быстрого прототипирования RP (Rapid Prototyping) представляющие собой послойный синтез физической копии на основе 3D CAD-модели. Они стремительно вошли в современную промышленность, медицину, фармацевтику, криминалистику, археологию, дизайн, архитектуру, образование, то есть практически во все сферы деятельности человека, вооруженного компьютером, и стали неотъемлемой частью процесса материального производства, будь то серийная продукция или единичные изделия. Современный инженер не мыслит себе создание новой продукции вне цепочки CAD/CAM/CAE, внутри которой важнейшее место занимает RP-технология.

При проектировании новой машины часто возникает необходимость в опытных образцах изделия в целом или его составных частей. Метод лазерно-компьютерного макетирования (ЛКМ), представляет собой разновидность RP-технологии и позволяет в считанные часы получать изделия-прототипы, которые могут использоваться: маркетологами - в рекламе; конструкторами - для оценки дизайна, функциональности, эргономичности; технологами - для оценки технологичности и проектирования всей необходимой технологической оснастки.

Основными методами быстрого прототипирования являются:

**Стереолитография (Laser Stereolithography)**- это исторически первый и наиболее распространенный метод быстрого прототипирования. Метод основан на послойном отверждении жидкой фотополимеризующейся композиции лазерным лучом, направляемым сканирующей системой. При добавлении в фотополимеризующуюся композицию металлических или керамических порошков изменяются свойства полимера и усложняется процесс синтеза. Лазерная стереолитография (ЛС) позволяет получать наиболее точные и сложные модели, а применяемые материалы обладают рядом преимуществ (прочность, прозрачность, влагостойкость, простота обработки поверхности, возможность склейки и т.д.).

Преимуществами данной технологии являются: сравнительно высокие механические свойства получаемых прототипов; отсутствие ограничений по сложности исполняемой геометрии; высокая и легко прогнозируемая скорость выполнения прототипа; малый расход материала, обуславливающий низкую цену. К недостаткам этой технологии относят нежелательное искривление полимеризуемой поверхности и расслоение деталей.

**Технология FDM (Fused Deposition Modeling)** - заключается в послойной укладке расплавленной полимерной нити в соответствии с геометрией математической модели детали, разработанной в системе CAD. Нити изготавливаются из сополимера химических составов акрилонитрила (Acrylonitrile), бутадиена (Butadiene) и этилен-бензола (Styrene) (ABS), поликарбоната (PC) или воска. Термопласт выдавливается через специальную головку с определенной температурой, переходя при этом в полужидкое состояние. Затем он наносится тонкими слоями на неподвижное основание с очень высокой точностью. Слои затвердевают и соединяются друг с другом. Применяется данная технология в единичном производстве.

Модель, изготовленная с применением этой технологии, называемой WaterWorks, остается гладкой и чистой, без рисок и царапин, с сохранением мельчайших деталей. Применение FDM технологии позволяет изготавливать тонкостенные детали и детали со сложными внутренними полостями. Кроме того, возможно параллельное изготовление нескольких деталей, если они вписываются в рабочую зону установки. Полученное изделие можно сразу использовать, поскольку не требуется его последующая доработка. В качестве недостатков данной технологии указывается использование дорогостоящих и не всегда безопасных исходных составляющих.

Преимуществами данной технологии являются: возможность изготовления элементов типа «защелка»; изготовление сложных узлов в сборе; использование ABS и PC материалов для построения прототипа; возможность производить испытания на собираемость и функциональность; изготовление стойких моделей для литья в песчаные формы. По точности и шероховатости FDM- модели уступают LS, но многие задачи могут быть решены за счет этой доступной и дешевой технологии.

**Технология LOM (Laminated Object Manufacturing)** - процесс изготовления объектов с использованием ламинирования) включает в себя лазер, который слой за слоем вырезает контуры сечений по CAD-данным. CAD - данные поступают в систему управления станком, где с помощью специального программного обеспечения создаются поперечные сечения детали. Луч лазера вырезает контур сечения в верхнем слое, а затем разрезает области лишнего материала для последующего удаления. Новый слой соединяется с предыдущим за счет прокатки термоваликом и создается новое поперечное сечение, которое затем также вырезается. После того, как все слои будут изготовлены, избыточный материал удаляется вручную. Затем поверхность детали шлифуется, полируется или окрашивается. В данной технологии применяются недорогие твердые листовые материалы. Преимуществом LOM-моделей является надежность, устойчивость к деформациям и эффективная стоимость, независящая от геометрической сложности. К недостаткам относятся шероховатость боковой поверхности изделий. Сложно также выполнять последующую обработку изделия из-за возможного расслоения.

Дальнейшее развитие технологии LOM направлено на добавление порошковых материалов (керамики, полимеров) при прессовании листового материала и ламинировании, а также повышение точности формы синтезируемых деталей.

**Технология SLS (Selective Laser Sintering)** – селективное лазерное спекание (СЛС) порошковых материалов – является наиболее перспективной. 3D–объект создается из порошкообразных материалов (пластика, металла, нейлона и керамики), используя процесс спекания лазером

Первый коммерчески успешный способ селективного лазерного спекания был разработан в 1987 г. Карлом Декартом (США) и в 1989 г. получен патент. Лазерный луч, попадая на тонкий слой порошка, спекает порошковые частицы, которые формируют твердую массу, по форме соответствующую САD-модели и определяющую геометрию детали.

Процесс лазерного спекания во многом аналогичен стереолитографии: здесь также применяются лазерный луч и пошагово опускаемая платформа. Однако в качестве строительного материала используется порошок, который подается из питающего контейнера и с помощью специального ролика тонким слоем распределяется по поверхности платформы. Лазерный луч сканирует по поверхности порошка, обводя контур первого слоя будущей модели, а затем сканирует все пространство внутри него. В результате теплового воздействия лазерного излучения частицы порошка оплавливаются или полностью расплавляются (в зависимости от конкретной модификации процесса и применяемого материала), а после ухода лазерного луча – затвердевают, образуя спеченную или сплавленную структуру. Таким образом, в процессе изготовления прототипа исходный материал претерпевает два фазовых изменения: из твердого в жидкое, и снова в твердое. Процесс генерации модели продолжается слой за слоем. При этом модель погружена в ванну из неспеченного порошка, являющегося естественной опорой. После извлечения модели из камеры излишки порошка удаляются. Удаляемый порошок можно использовать повторно.

Преимуществами данной технологии являются:

1. Изготовление функциональных моделей сложных геометрических форм с высокой точностью.
2. Прототип позволяет оценить внешний вид детали, проверить надежность конструкции, произвести сборку, проверить работоспособность детали или узла.
3. Широкий выбор недорогого нетоксичного строительного материала – от пластика до металлического сплава.
4. Не нуждается в поддержке структур в связи с тем, что части строящихся элементов окружены исходным рабочим материалом на протяжении всего времени изготовления, малые деформации и напряжения.

Недостатки – высокая шероховатость и пористость моделей. Метод СЛС позволяет изготавливать функциональные металлические детали и формообразующие модели для пластмассового и металлического литья. Прототипы из пластмасс обладают сравнительно хорошими механическими свойствами и могут быть использованы для создания полнофункциональных изделий.

Развитие данной технологии идет по пути внедрения новых порошковых материалов, получение качественных и прочных функциональных изделий.

Литература:

1. Gibson, I. B. Additive Manufacturing Technologies. Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing / I. Gibson, D. W. Rosen, B. Stucker. – New York, USA, Springer, 2009. – 459 p.
2. Шишковский, И. В. Лазерный синтез функционально-градиентных мезоструктур и объемных изделий / И. В. Шишковский. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 424 с.

## **РАЗВИТИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ЭТАЛОННОЙ БАЗЫ**

*М.А. Гайдамак, студент группы 17Г41,  
научный руководитель: Пашкова Л.А.*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета  
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

Во всех сферах своей жизни человек постоянно имеет дело с измерениями. Всюду встречаются измерения различных величин - длины, объема, времени и др. С помощью измерений человек может давать количественную характеристику окружающему его миру. Существование всех отраслей