

## ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ИНСТРУМЕНТА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

**Чемодуров А.Н.** (БГТУ, г. Брянск, Россия)

Тел./Факс: (4832) 588220; E-mail: [chem.andrey.bryn@gmail.com](mailto:chem.andrey.bryn@gmail.com)

**Abstract:** *Advantages and disadvantages of modern additive technologies have been analyzed. The terminology used in the field of knowledge has been presented. The features of the application of AM - technologies in the manufacture of tools and rigging.*

**Key words:** *additive techniques, AM - techniques, 3D - printer, selective laser melting, technological rigging.*

Одним из наиболее перспективных направлений развития современного машиностроения является разработка новых технологий быстрого производства изделий (rapid fabrication). Суть подобных технологий заключается в послойном построении изделий из порошкового материала на основе CAD - модели - модели, трёхмерная геометрия которой описана в цифровом виде с помощью программ твёрдотельного моделирования (SolidWorks, CATIA, ProE, AutoCAD и др.) [1].

Аддитивная технология, получившая развитие с 80-х гг. XX в., открывает возможность изготовления (выращивания) объектов посредством поэтапного нанесения материала построения на генерируемый объект.

Так как, в отечественной нормативной документации не даны определения аддитивным технологиям (такие работы усиленно ведутся), можно рассмотреть зарубежный опыт.

Организацией ASTM International (American Society for Testing and Materials) рекомендованы два основных термина - Additive Fabrication (AF), Additive Manufacturing (AM), и далее будем говорить AM-технологии, а также легитимные синонимы additive processes, additive techniques, additive layer manufacturing, layer manufacturing и freeform fabrication. Все они в русскоязычном варианте могут быть корректно переведены как «аддитивные технологии» (в разговорной речи профессионалов можно услышать и прочитать: «выращивание», «3D - печать», «3D - принтер», «3D - принтинг»).

Основные предпосылки и преимущества применения аддитивных технологий заключаются в следующих факторах:

- исключение извечного конфликта «конструктор – технолог»;
- возможность изготовления деталей любой геометрической сложности;
- возможность внесения изменений в проект на этапе передачи изделия в производство (например, при необходимости осуществления его функциональной оптимизации);
- изготовление изделий в рамках опытного производства;
- отсутствие необходимости изготовления инструментальной оснастки, свойственной традиционным методам обработки;
- минимизация потерь материала и отходов производства (например, стружки);
- возможности для упрощения логистики, сокращения времени поставок, уменьшения объемов складских запасов.
- переход от массового производства к массовой кастомизации (возможность удовлетворения как можно большего числа индивидуальных заказчиков), увеличение номенклатуры изделий.

Процессы, используемые в AM-технологиях, определяются состоянием применяемых материалов:

- жидкое (полимеры) - стереолитография, послойная наплавка, струйная печать;

- порошкообразное (полимеры, керамика) - 3D - печать, селективное лазерное спекание, селективная лазерная плавка;
- порошкообразное (металлы) - прямое лазерное спекание металлов, электронно-лучевая плавка, прямое нанесение металлов, точное лазерное формование;
- твёрдое (полимеры, металлы, керамика, композиционные материалы) - послойное изготовление объектов из листового металла (листы), произвольное экструзионное формование (проволока).

По методу формирования слоя AM-технологии можно разделить на два вида: Bed Deposition и Direct Deposition.

Первой технологии достаточно точно соответствует термин «селективный синтез» или «селективное лазерное спекание» (по-английски SLS – Selective Laser Sintering), если «отверждающим» инструментом является лазер, который здесь, в отличие от лазерной стереолитографии (SLA-технологии), является источником тепла, а не ультрафиолетового излучения (рис. 1) [2].

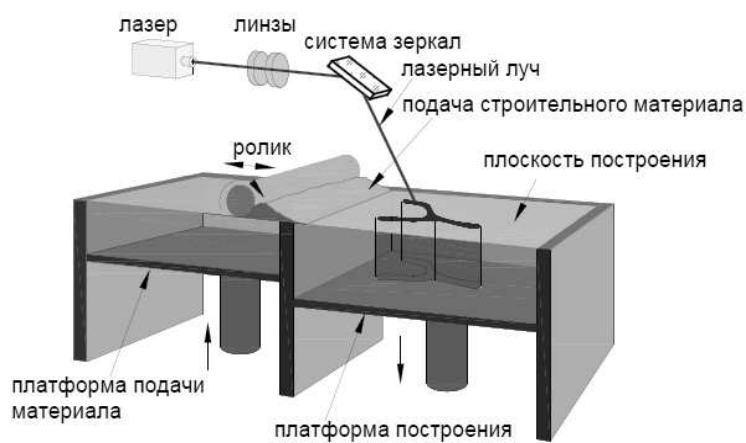


Рис. 1. Технология селективного лазерного спекания (Bed Deposition)

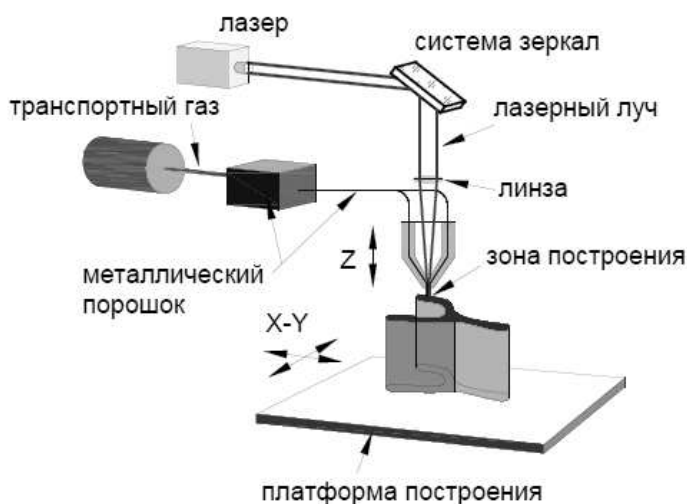


Рис. 2. Технология прямого осаждения материала (Direct Deposition)

сплава с меньшим ресурсом.

Второй вид аддитивных технологий можно перевести, как «прямое или непосредственное осаждение (материала)», т. е. непосредственно в точку, куда подводится энергия и где происходит в данный момент построение фрагмента детали (рис. 2) [2].

Наиболее эффективным методом прямого получения конечных изделий является технология послойного лазерного сплавления (selective laser melting – SLM) [3, 4].

Одним из перспективных направлений применения AM-технологий является изготовление технологической оснастки – приспособлений и инструментов для серийного производства. В ряде случаев отпадает необходимость в дорогостоящей инструментальной оснастке, выдерживающей десятки и сотни тысяч циклов. Посредством AM-технологий можно сделать матрицу или пресс-форму из легкого

Также в настоящее время существует большая потребность в изготовлении технологической оснастки (например, пресс-форм), обладающей сложнофасонными поверхностями. Например, получение мастер-моделей (оправок) из АБС-пластика методом прототипирования - Fused Deposition Modeling (FDM) [5]. Согласно предложенной методике, в дальнейшем производится металлизация поверхности оправок (омеднение или никелирование), по причине нетокопроводности материала.

Для традиционного литейного производства АМ-технологии дают новые возможности. Например, пресс-форма может быть выращена вместе с каналами охлаждения произвольной конфигурации, что невозможно сделать при обычных методах механообработки (каналы охлаждения прокладываются в массиве формы так, как необходимо, а не так, как позволяют традиционные технологии). Применение литейных форм с равномерным или регулируемым охлаждением позволяет сократить время пребывания отливки в форме до 30%.

Очень удачный опыт применения технологии послойного синтеза металла в инструментальном производстве получен немецкой компанией Maral, где применён гибридный метод [6]. Данный метод заключается в том, что хвостовик сверла создаётся стандартным путём, а режущая часть - методом лазерного наплавления. Это даёт возможность создания совершенно новой геометрии инструментов, что позволяет увеличить их срок службы.

Таким образом, можно выделить преимущества АМ-технологий в производстве инструмента и технологической оснастки:

1. Ускоренный ввод в производство новых образцов оснастки.

АМ-технологии значительно сокращают сроки разработки прототипов и способствуют внедрению инноваций. Так, производителям иногда приходится откладывать запуск в производство новых изделий из-за устаревшей оснастки. АМ-технологии в свою очередь помогают максимально быстро обновлять инструментарий.

2. Снижение себестоимости конечной продукции.

Производство металлических изделий на современном 3D-принтере дороже, чем традиционные методы металлообработки, но при изготовлении деталей из пластика АМ-технологии могут снизить стоимость производства. 3D-печать металлом может быть выгодной в случае небольшой партии конечной продукции или когда изделие имеет очень сложную геометрию. Наибольшую выгоду АМ-технологии приносят в производстве изделий из дорогостоящих материалов, т.к. значительно снижается количество отходов.

В конструкцию изделий часто приходится вносить изменения уже после запуска в массовое производство. АМ-технологии позволяют одновременно испытывать несколько опытных образцов, что снижает издержки, связанные с внесением изменений в производственный процесс.

3. Повышение качества конечного продукта.

АМ-технологии позволяют получать монолитные объекты высокой плотности, механические свойства которых могут быть выше, чем у литых деталей.

Кроме того, АМ-технологии позволяют легко совершенствовать и оптимизировать конструкцию оснастки: например, объединив несколько деталей в одну, можно минимизировать количество сборочных операций.

АМ-технологии позволяют получать объекты сложной формы с минимумом дефектов в короткие сроки. Например, на качество литых деталей большое влияние оказывает теплообмен между материалом детали и охлаждающей форму жидкостью. Обычно каналы для прокачки жидкости делаются прямыми, что приводит к замедленному и неравномерному охлаждению. АМ-технологии же позволяют получать

каналы произвольной формы, поэтому отливка охлаждается быстрее и равномернее, таким образом, повышается качество конечной детали.

4. Улучшение эргономики инструмента и производительности труда.

АМ-технологии снижают расходы на оперативное внедрение новой оснастки и повышают ее окупаемость. Обычно из-за расходов и сложностей, связанных с разработкой и внедрением нового инструментария, оснастка эксплуатируется "до последнего". АМ-технологии помогают быстро заменять вышедшие из строя инструменты.

АМ-технологии также позволяют ускорить и удешевить процесс оптимизации инструментария, повысить его эргономику. Улучшенная оснастка помогает ускорить процесс сборки готовых изделий, снизить себестоимость производства и уменьшить количество брака.

5. Производство специализированной оснастки для работы со штучными изделиями.

АМ-технологии позволяют быстро изготавливать специализированную оснастку для работы с мелкосерийными или штучными изделиями. В частности, это касается медицинской сферы.

В заключении можно отметить, что применение технологий 3D-печати для изготовления оснастки может стать хорошим вариантом для предприятий, которым приходится вкладывать в разработку инструментария значительные средства. Аддитивные технологии стоит использовать для производства инструментов, при изготовлении которых используются дорогие материалы, и образуется большое количество отходов.

По мере совершенствования АМ-технологии получают все более широкое распространение в промышленности. Но для полномасштабного внедрения 3D-печати и раскрытия ее потенциала необходимо преодолеть еще множество ограничений, связанных с технологией в целом. В частности, повысить качество печати, снизить временные затраты и расширить ассортимент материалов для 3D-печати.

**Список литературы:** 1. Кузнецов В.Е. // CAD/CAM/CAE Observer. 2003. №4 (13). С. 2–7. 2. Довбыш В.М., Забеднов П.М., Зеленко М.А. Аддитивные технологии и изделия из металла. [Электронный ресурс], URL: [www.nami.ru/upload/AT\\_metall.pdf](http://www.nami.ru/upload/AT_metall.pdf). (дата обращения 10 апреля 2016 г.) 3. Rombouts M., Kruth J.P., Froyen L. and Mercelis P. Fundamentals of selective laser melting of alloyed steel powders. CIRP Annals // Manufacturing Technology. 2006. V. 55. (1). P. 187–192. 4. Hao L., Dadbakhsh S., Seaman O., Felstead M. Selective laser melting of a stainless steel and hydroxyapatite composite for load-bearing implant development // Journal of Materials Processing Technology. 2009. V. 209 (17). P. 5793–5801. 5. Любимов В. В., Пермяков Д. Г. Технология изготовления технологической оснастки с применением прототипированных оправок // Известия ТулГУ. Технические науки. 2013. №7-2 С.272-285. 6. Mapal внедряет аддитивные технологии в производство свёрл, [электронный ресурс], URL: <http://3d-daily.ru/engineering/additive-tech-mapal-drill.html> (дата обращение 7 июня 2016 г.).