

смены научной, общепринятой и личной парадигмы (Парадигма – от греч. *παράδειγμα*, «пример, модель, образец») – совокупность фундаментальных научных установок, представлений и терминов, принимаемая и разделяемая научным сообществом и объединяющая большинство его членов). Рожденная в середине 90-х прошлого века в США рециклинговая индустрия в сфере автомобилестроения сегодня эффективно развивается и уже закреплена в международном стандарте ISO 22628:2002, в котором выдвигаются требования к проектированию и конструированию техники (машин) с таким расчетом, чтобы в дальнейшем все (или почти все) их элементы (детали) могли быть использованы повторно и многократно. Мировая судостроительная промышленность также ответила на новые вызовы нового времени, разработав и внедрив международный Кодекс по рециклингу судов в 2001 г. Более того, Международная морская организация (IMO, London) – специализированный орган ООН в сфере морской индустрии в 2009 году собрала дипломатическую конференцию стран-участниц и подписала международную конвенцию (договор) по рециклингу судов в статусе обязательного для исполнения международного стандарта [еще не вступил в силу]. Очевидно, в этой гонке не отстают и другие мировые отрасли производства различного рода промышленной продукции, центры которых находятся обычно в индустриально развитых странах. Оговоримся, что речь не идет о

ВПК, который, конечно, является частью техносферы, ее стратой, но частью и стратой особенной, закрытой и в «собственном соку...». Следует отметить, что на открытых конкурентных рынках промышленной продукции у ее производителей ни в Украине, ни в России еще не пришло осознание приоритетности рециклинговой индустрии. Более того, и в Украине, и в России сам англоязычный термин «рециклинг» переводится однозначно как «утилизация»?! Редколлегия печатного органа Госпотребстандарта Украины – журнал «Стандартизація. Сертифікація. Якість» большинством голосов в 2009 году отказала автору настоящего материала в публикации его статьи, безоговорочно и агрессивно требуя заменить в названии и в тексте проекта статьи термин «рециклинг» на термин «утилизация»...!? Единственное, что утешает, это то, что статья отклонена не 100 % голосов членов редколлегии «научно-технического» украинского журнала... Настоящий материал в различных вариациях, конечно, с тех пор уже представлен автором на многих международных конференциях и опубликован в различных изданиях. Печально то, что массовой поддержки в кругах украинской научной и технической интеллигенции авторская парадигма не находит и сегодня... Конечно, трудно или почти невозможно добровольно «отвалиться от привычной кормушки...», поэтому проблемы ремонта в промышленности и на транспорте Украины остаются и сегодня «живее всех живых».

СОСТОЯНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗРАБОТКИ, ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ

Сенюць В.Т. Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,

Филатов С.А. Институт тепло- и массообмена им А.В. Лыкова НАН Беларуси,

Хейфец М.Л. ГНПО «Центр» НАН Беларуси, Минск

Чигилейчик В.А. Полоцкий государственный университет, Новополоцк, Беларусь

Изготовление на 3D-принтерах масштабных макетов, легко разрушаемых прототипов, заготовок и деталей машин из композиционных материалов с рабочими поверхностями сложного

профиля прямым «выращиванием» без использования дорогостоящей формообразующей оснастки, сокращая стадии подготовки производства, наилучшим образом удовлетворяет требованию

снижения материальных и трудовых затрат.

Для оценки возможности и целесообразности производства 3D-принтеров, прежде всего, следует оценить рынок этих изделий по целевым сегментам их применения, объемам продаж и частоте использования. Это в свою очередь определяет необходимые объемы расходных материалов, учитывает специфику их физико-химических, механических и других свойств, доступность и цену на рынке.

Затем требуется рассмотреть возможность воспроизводства и технического оснащения широко используемых технологий послойного синтеза изделий, а также целесообразность проектирования новых технологий, использующих свои конкурентные преимущества. При этом следует сознавать то, что уже сегодня программное обеспечение находится в открытом доступе не для всех моделей оборудования, а ряд технологий, использующих источники концентрированной энергии, представляются разработчиками, как технологии двойного назначения.

Поэтому перспективы аддитивных технологий (Additive Manufacturing), их разработки, производства и применения рассматриваются укрупнено по направлениям:

1) основные группы технологий и оборудования послойного синтеза (Laminate Synthesis) для оперативного макетирования и производства (Rapid Prototyping & Manufacturing);

2) используемые в них расходные полимерные, металлические, керамические композиционные материалы, поставляемые в виде порошков, нитей (проволок), листов;

3) их продукцию, применяемую в дальнейшем, в качестве макетов и прототипов, заготовок деталей и конечных изделий.

В результате, следует проанализировать существующие и перспективные отрасли производства и области широкого применения продуктов, изготовленных на 3D-принтерах. По результатам анализа, с учетом существующих наработок по перечисленным направлениям, провести оценку состояния и перспектив проектирования, производства и применения 3D-принтеров.

Широко используемые в мировом производстве технологии послойного синтеза (представленные в хронологическом порядке) позволяют рассмотреть состояние и перспективы развития методов прямого «выращивания» изделий.

Стереолитография. Впервые процесс стереолитографии (SLA – Stereolithography Apparatus) предложен Чарлзом Хеллом (Charles Hall) в 1984 г.

Технологические установки начали производиться с 1988г. В настоящее время установки по стереолитографии производятся компанией 3D Systems Inc, USA. Процесс основан на поглощении фоточувствительным полимером лазерного излучения конкретной длины волны, в результате чего происходит радикальная полимеризация (т.е. отверждение полимера). Физико-механические свойства полимера ограничивают область применения стереолитографии. Чаще всего этот процесс используют в макетном проектировании, в технологии литья по выплавляемым моделям в качестве мастер-форм, эталон-моделей, он также хорошо подходит для сборочного конструирования сложных моделей, при этом допустимо нанесение слоя резины или металла на модель.

Послойное формирование из листового материала. Послойное формирование изделий (LOM – Laminated Object Manufacturing) было предложено Майклом Фейгиным (Michael Feygin) в 1985 г. Промышленные технологические установки LOM 1015, LOM 2030 и др. выпускаются фирмой Helisys, Кроме Helisys есть и другие производители установок: Paradigm, Sparx AB (HotPlot). При изготовлении изделий используется листовый материал, который раскраивается по заданному контуру лазерным или другим излучением, а затем скрепляется в стопке путем склеивания или пайки (сварки). Толщина листов зависит от материала и изменяется в интервале от 50 до 500 мкм. В настоящее время используются следующие материалы: пластики, керамика, композиты. Метод может применяться для: макетного проектирования; литья по выплавляемым моделям; литья в песчаные формы; для получения гипсовых отливок; создания кремнеорганических форм; в кокильном или одноразовом литье.

Селективное лазерное спекание. Процесс лазерного спекания (SLS – Selective Laser Sintering) впервые предложен Карлом Декартом (Carl Deckard) в 1986 г. Технологическое оборудование производится фирмой DTM Corp. (установки марки Sinterstation 2000 и 2500). Сущность SLS-процесса заключается в том, что порошковые материалы послойно спекаются лазерным излучением. Для этого нужны мелкодисперсные, термопластичные порошки с хорошей вязкостью и быстро затвердевающие, например: полимеры, воск, нейлон, керамика, металлические порошки. Корпорация DTM производит установки с различным числом используемых материалов: литейный воск, нейлон, поликарбонат. Развитие SLS-технологии идет по пути внедрения новых

порошковых материалов, а для металлических композиционных порошков – повышения мощности лазерного излучения.

Создание литьевой формы. Непосредственное создание литьевой формы (DSPC – Direct Shell Part Creation) было предложено Эмануилом Сайчем (Emanuel Sachs) из Массачусетского технологического института (MIT) в 1989 г. Фирмой Soligen для этой технологии производится технологическое оборудование. DSPC-процесс состоит из распределения и уплотнения слоев порошка и послойного его связывания расплавом из нагреваемой принтерной головки, сканирующей по поверхности. Несвязанный порошок вокруг модели поддерживает и предохраняет ее от разрушения. По окончании процесса он удаляется. Созданные оболочки могут быть использованы в качестве литьевых форм. Формы могут сразу включать литниковую систему для заливки расплава металла.

Экструдерная заливка расплава. Послойная заливка экструдированным расплавом (FDM – Fused Deposition Modeling) была предложена Скоттом Крампом (Scott Crump). Компания Stratasys выпускает установки с 1991 г. Процесс включает: предварительный подогрев материала, а затем – заливку расплавом. Расходный материал по-

ступает в катушках, диаметр нити – 0,127 см (его стоимость от 150 до 300 дол. США). Основной частью установки является головка, через которую подается материал. Там он предварительно подогревается до температуры плавления, дозированно подается в рабочую зону и скрепляется с предыдущим слоем. В качестве материалов чаще всего используются пластики, а толщина формируемых слоев – 50–750 мкм.

По результатам рассмотрения наиболее используемых методов прямого «выращивания» изделий, анализа перспектив по областям потребления продуктов, изготовленных на 3D-принтерах, и оценивания состояния разработок и освоения производства оборудования, средств контрольного и программного оснащения, расходных материалов для 3D-печати можно сделать выводы. Для скорейшего и наиболее эффективного освоения аддитивных технологий современного «цифрового производства», требуется определение первоочередных мероприятий и согласование плана совместных действий разработчиков, производителей и потребителей наукоемкого оборудования, расходных материалов и программных средств, а также подготовка научных и инженерных кадров для решения поставленных задач.

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

*Струтинский В.Б., Ищенко Е.А. НТУ Украины
«Киевский политехнический институт», Киев, Украина*

В настоящее время в большом количестве станков, производимых в Европе, направляющие скольжения на подвижных частях (каретка, бабка, стол, суппорт) изготавливают из полимерных материалов, что позволяет решить сразу несколько задач, которые традиционно стояли в станочном производстве в течение всего периода их истории:

- обеспечение плавности хода каретки по направляющим станка и отсутствие так называемого явления «стык-слип»;

- демпфирования вибрационных нагрузок;
- снижение коэффициента трения;
- снижение интенсивности износа направляющих станины.

Применение полимерных материалов позволило исключить еще одну проблему, с которой сталкивались производители станков – необходимостью шлифовки поверхностей скольжения на подвижной части станка и прежде всего призматической направляющей. Применение полимер-