

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОЙ СТЕРЕОЛИТОГРАФИИ В ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИИ

И. В. Макаревич, П. В. Веремей

Учреждение образования «Белорусский национальный
технический университет», г. Минск

Научный руководитель К. Л. Левков

Введение

Роль технологий быстрого прототипирования с каждым годом все возрастает [1], [2]. Остановимся на технологии лазерной стереолитографии. Суть лазерной стереолитографии (англ. термин – Stereo Lithography Apparatus (SLA)) состоит в послойном изготовлении трехмерных объектов из отверждаемой лазерным излучением жидкой олигомерной фотополимеризующейся композиции (ФПК). Олигомерное вещество по химической структуре отличается от полимерного (пластик, резина) тем, что его молекулы-цепочки не бесконечно большие, а относительно короткие, состоящие из ограниченного количества звеньев-мономеров. Под воздействием специального реагента молекулы могут соединяться между собой и быстро создавать полимерные цепочки – вещество из вязкой жидкости становится твердым, полимеризуется. На рис. 1 показана принципиальная схема SLA-процесса.

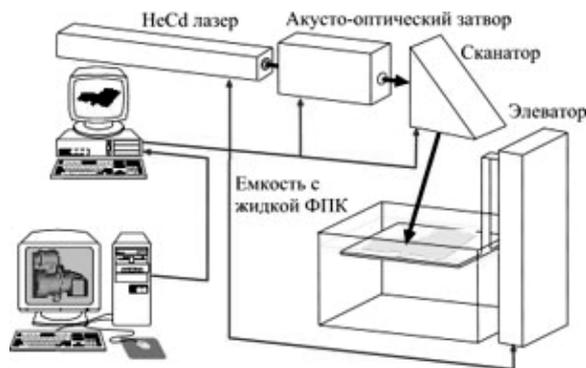


Рис. 1. Принципиальная схема процесса лазерной стереолитографии

В SLA-технологии нет необходимости отверждать весь объем фотополимера целиком. Наоборот, необходимо «склеивать» на каждом слое только элементы тела детали и оставлять жидким окружающее пространство. Для этой цели в установке применен управляемый лазерный пучок, который и «указывает», каким зонам нужно полимеризоваться, обходя ненужные. Лазерная стереолитография позволяет в считанные часы пройти путь от конструкторской или дизайнерской идеи до готовой модели детали. Преимущества технологии [3]:

- высокие механические свойства получаемых прототипов;
- отсутствие ограничений по сложности исполняемой геометрии;
- высокая и легко прогнозируемая скорость выполнения прототипа;
- низкий расход материала, обуславливающий низкую цену.

Механические свойства полимера

Стереолитография позволяет получать прототипы, гораздо более прочные, по сравнению, например, с лазерным спеканием полистирола или иными RP-технологиями. Поскольку выращивание производится слоями по 100 мкм, максимальная шероховатость – это «лесенка» со ступеньками в 100 мкм. Отвержденный материал легко поддается шлифованию и полированию. Несмотря на то, что предел прочности на сжатие у данного материала достаточно высок, прочность на изгиб его очень невелика. Это обусловлено явлением усадки.

Геометрия, доступная для лазерной стереолитографии. Возможности SLA-технологии по изготовлению прототипов сложной геометрии

Прототип выращивается послойно, а каждый слой формируется лазерным пучком на поверхности смолы. Поэтому разбить на слои и затем послойно нарисовать можно теоретически любую трехмерную фигуру. В большинстве случаев теория сходится с практикой. Именно поэтому SLA-технология является RP-технологией, поскольку процесс получения прототипа в наименьшей степени зависит от его формы, в отличие от традиционных технологий. Однако существует ряд ограничений по геометрии, предполагаемой к выращиванию по SLA-технологии. Диаметр пучка лазера – 0,15–0,3 мм (в зависимости от модели SLA-установки). Соответственно, элементы меньше 0,15–0,3 мм просто невозможно нарисовать на поверхности смолы. Помимо этого, существует такой элемент, как подпорки. Это технологические элементы, которые удерживают только что сформированную лазером на поверхности жидкости тонкую твердую пленку от оплывания. Поэтому любая большая поверхность, близкая к горизонтальной, выращивается на подпорках. Подпорки формируются, так же как и деталь, лазером в виде тонких стенок с зубчиками. Зубчики нужны для того, чтобы подпорку можно было легко отломать, не повредив при этом деталь.

Области применения стереолитографических прототипов

Объекты, созданные методом лазерной стереолитографии, могут быть использованы:

- в «чистом виде» – как конструкторские и дизайнерские прототипы при создании макетов изделий и сборок. Наглядное представление формы и размеров, проверки собираемости и дизайна;
- для исследовательских работ. Модели обладают достаточной прочностью;
- в художественных целях;
- в медицине;
- в качестве мастер-моделей для литья пластмасс и металлов, литья по выплавляемым, выжигаемым или вынимаемым моделям, литья в силиконовые формы.

Экспериментальная часть

В ходе создания микротурбины [4] возникла необходимость визуального представления ее сложных корпусных элементов. Была спроектирована 3D-модель (масштаб 1 : 4, среда проектирования – Autodesk Inventor 2013). Модель была разбита на слои и распечатана на станке модели SPS 600B. Краткая техническая характеристика станка приведена в таблице.

Техническая характеристика SLA-станка SPS 600B

Модель станка	SPS 600B
Тип лазера	He-Cd (лазер на парах кадмия)
Скорость сканирования	8–10 м/с
Диаметр пучка	0,15–0,2 мм
Объем зоны построения, мм	600 × 600 × 400
Точность построения	±0,1 мм ($L < 100$ мм) / ±0,1 % ($L > 100$ мм)
Толщина слоя	0,05–0,2 мм
Скорость построения	60 г/ч
Габаритные размеры, мм	1865 × 1245 × 1930
Электропитание	200–240 В, 50/60 Гц, 20 А
Потребляемая мощность	3 кВт

На рис. 2, *а* показана 3D-модель, а на рис. 2, *б* – готовая модель корпусной детали микротурбины (вес 240 г, время выращивания – около 4,5 ч). Выращенная модель имеет сложные внутренние каналы и служит для наглядного представления возможностей SLA-процесса, а также для конструкторской проработки самой турбины.

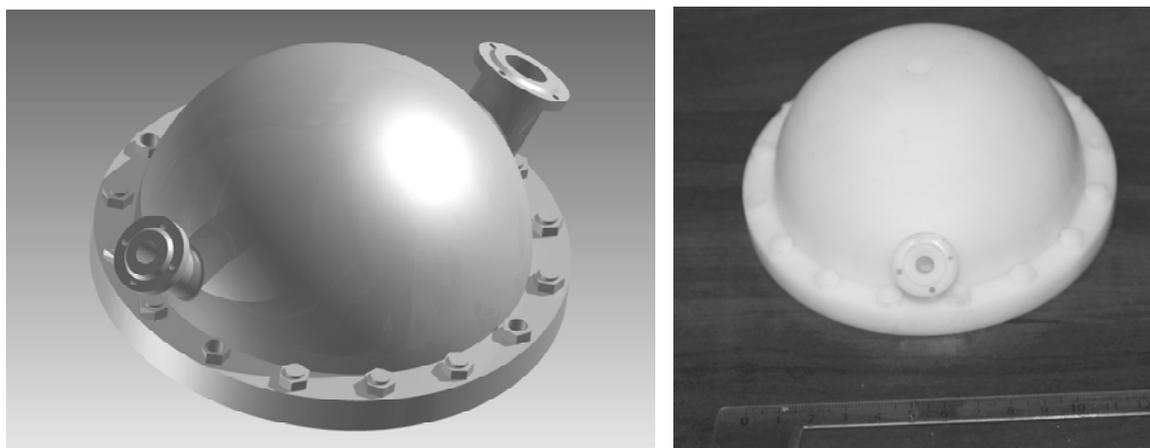
*а)**б)*

Рис. 2. Модель корпусной детали микротурбины: *а* – 3D компьютерная модель;
б – готовая выращенная часть корпуса микротурбины

Заключение

1. SLA-процесс является быстрым, надежным и относительно недорогим инструментом для современного конструктора, работающего над созданием высокотехнологичных конструкций.

2. Применение SLA-технологий оправдано в энергомашиностроении при проектировании новых сложнопрофильных изделий и конструкций, отработке их на технологичность и при последующей технолого-конструкторской подготовке производства для их изготовления.

Литература

1. Левков, К. Л. Технологии получения сложнопрофильных деталей энергоустановок в опытном производстве / К. Л. Левков, П. В. Потапенко, П. В. Веремей // Промышленность региона: проблемы и перспективы инновационного развития : материалы II респ. науч.-техн. конф. (Гродно, 17–18 мая 2012 г.) / ГрГУ им. Я. Купалы, ОАО «Белкадр» ; редкол.: В. А. Стук (гл. ред.) [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 2012. – 266 с. – С. 127–129.
2. Потапенко, П. В. Технологии быстрого прототипирования в Республике Беларусь / П. В. Потапенко, К. Л. Левков, П. В. Веремей // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и молодых ученых, Гомель, 26–27 апр. 2012 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2012. – 511 с. – С. 11–13.
3. Центр инновационных производственных технологий Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С. П. Королева. – 5 апр. 2013. – Режим доступа: <http://mlbp.narod.ru/sla1.htm>.
4. Левков, К. Л. Разработка и создание энергоэффективных микротурбинных установок для утилизации вторичных энергоресурсов / К. Л. Левков // Россия – Беларусь – Сколково: единое инновационное пространство : тез. Междунар. науч. конф. (Минск, 19 сент. 2012 г.) / Нац. акад. наук Беларуси, Фонд развития Центра разработки и коммерциализации новых технологий (Фонд «Сколково» ; редкол.: С. Я. Килин [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 434 с.