

## РАЗВИТИЕ ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОСЛОЙНОГО СИНТЕЗА В КОМПАКТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

*Витебский государственный технологический университет  
Витебск, Беларусь*

В 80-х годах в ряде развитых стран были созданы образцы принципиально нового типа технологического оборудования – “системы быстрого прототипирования” (Rapid Prototyping Systems). В СССР аналогичные исследования велись на кафедре технологии машиностроения Витебского технологического института [1]. Научным коллективом под руководством В.И.Горюшкина были сформулированы основные принципы технологии послойного синтеза изделий – метода прямого и автоматизированного переноса конструкторской информации о продукции на сырье с помощью одно- и двухмерных сигналов.

В результате выполненных исследований до уровня промышленного применения были доведены 3 версии ТПС: на основе лазерного раскроя и автоматической сборки слоев; на основе послойной полимеризации жидкого фотополимерного композиционного материала; на основе лазерного избирательного спекания порошковых материалов. В 1989 г. был разработан и изготовлен гибкий производственный модуль послойной сборки “СКМ-500” (рис. 1) для производства аэродинамических моделей, пресс-оснастки, литейных моделей из широкого круга материалов (металлов, полимеров, керамики, композитов и т.п.). В модуле был использован метод двумерного лазерного формообразования.



*Рис. 1. Гибкий производственный модуль послойной сборки “СКМ-500”*

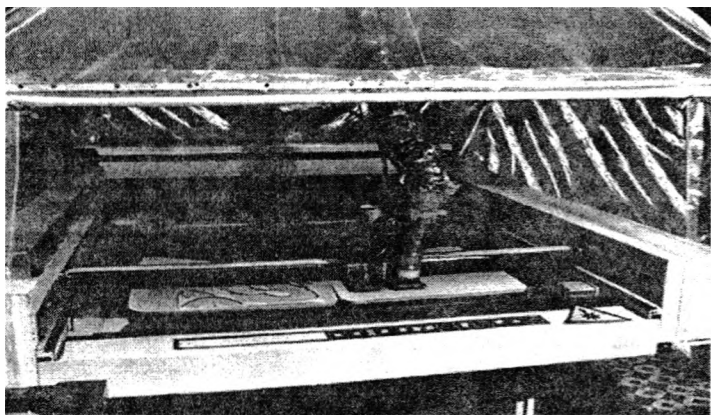
На современном этапе работы в этой области ведутся в Центре компьютерного проектирования Витебского государственного технологического университета. Научный коллектив ставит перед собой задачу создания дешевой системы компьютерного проектирования и производства изделий для промышленных предприятий. Решение указанной задачи основано на концепции компактного (комплексного ресурсосберегающего) производства. Единой технологической базой при этом остается технология послыонного синтеза. Такое сочетание организационных и технологических факторов обеспечивает технико-экономические показатели предлагаемой опытно-промышленной установки на уровне зарубежных образцов при 10-кратном снижении стоимости производства.

Функциональная компактность производства обеспечивается морфологической неизбыточностью инвариантной установки двумерного формообразования со специальными сборочными адаптерами, причем точностные возможности адаптера и инварианта существенно не превышают требования к изделию. Сущность временной компактности заключается в значительном сокращении периода времени от получения заказа до его выполнения путем применения оригинальных методов проектирования конструкции, лазерного формообразования и высокого уровня автоматизации этих процессов. Информационная компактность основана на интегрированном подходе при разработке конструкторской и технологической подготовки производства на базе компьютерного проектирования изделия и пакетной трансляции результата до уровня управляющих программ. Пространственная компактность достигается за счет сочетания «бесбумажной» подготовки производства и автоматизированной реализации лазерного раскроя в едином комплексе. Эксплуатационная компактность обеспечивается параметрами лазерной производственной системы, соответствующими стандартным условиям (характер помещения и несущих конструкций, источники энергии, требования по защите окружающей среды и т.п.). Аспект стоимостной компактности связан с приведенными затратами на единицу продукции, величина которых сокращается за счет оптимального соотношения затрат ручного (сборка изделий) и ошественно-го труда (формообразование слоев) при производстве продукции.

В основе временной и информационной компактности производственной системы лежит кибернетический подход к анализу и проектированию технологических процессов, заключающийся в представлении технологической системы как канала передачи информации. Обработка система рассматривается как информационный канал «план – продукция». План продукции представляет собой набор сообщений о ее количестве, форме, размерах, материале и т.д., которые необходимо воспроизвести в виде деталей, используя сырье и энергию. На уровне кибернетической модели любой технологический процесс проявляется в виде ряда последовательных переводов с языка заказчика на язык исполнителя: формулировка служебного назначения заказа, выполнение модели заказа, выбор методов реализации заказа, выполнение заказа. В

связи с тем, что геометрическая форма является важнейшей характеристикой изделий, проблема выбора эффективного метода формообразования, особенно в условиях автоматизации производства, является остро актуальной [2].

В свете выбранного подхода была разработана и изготовлена производственная система, сочетающая указанные аспекты компактности (рис. 2). Опытно-промышленная установка обеспечивает точность позиционирования 0,05 мм на поле 1700х1200 мм (рис. 3). Лазерное излучение позволяет осуществлять раскрой плоских заготовок из неметаллических материалов толщиной до 20 мм со скоростью до 24 м/мин. Инвариантность установки по отношению к профилю обрабатываемого изделия достигается за счет высокого уровня автоматизации формообразования и минимального диаметра луча (0,3 мм). Охлаждение энергетической установки осуществляется бытовой водой и может быть организовано по замкнутому циклу. Установленная мощность основного оборудования составляет 1,54 кВт, причем все устройства потребляют энергию от осветительной однофазной электросети с напряжением 220 в. Наибольшие габариты установки (2000х3000 мм) и вес (менее 900 кг) позволяют монтировать ее в любых помещениях. Известный недостаток лазерной обработки связан с выбросом отходов, возникающим в результате высокотемпературного воздействия излучения на обрабатываемый материал. Однако современные методы очистки позволяют исключить вредное влияние отходов на окружающую среду. Авторами запатентован метод лазерного раскроя под слоем жидкости, который препятствует выбросам газообразных отходов и улучшает технологические параметры формообразования [3].



*Рис. 2. Опытно-промышленной установки лазерного формообразования*

Следует отметить, что при помощи установки можно получить не только прототип или единичный экземпляр нового изделия, но и изготовить формообразующую

оснастку для серийного производства продукции. В частности, прошли апробацию в производственных условиях послойные литейные модели, модели для гальванопластики, матрицы для пневмо- и вакуумного формования листовых пластиков, штампы для мелкосерийной листовой штамповки. На компактном производственном модуле возможно изготовление не только сплошных пространственных изделий, но и целой гаммы разнообразной продукции (табл. 1) [4].

Таблица 1

**Область применения компактных лазерных производственных систем**

Тип изделия	Вид продукции	Промышленность
Плоские	Лекала, шаблоны, крой	Швейная, обувная
	Инкрустация	Художественная
Рельефные	Прокладки	Ремонтные предприятия
	Вывески, таблички	Реклама
	Вырубочные штампы	Полиграфия, галантерея
	Сборные	Мебель специальная
Оболочки	Выставочные стенды	Реклама, дизайн
	Судо-, авиастроение	Спорт, туризм
Объемные	Литейные модели	Литье различное
	Сплошные	Пластмассы, керамика
		Вытяжные штампы
	Муляжи, карты	Картография, пособия

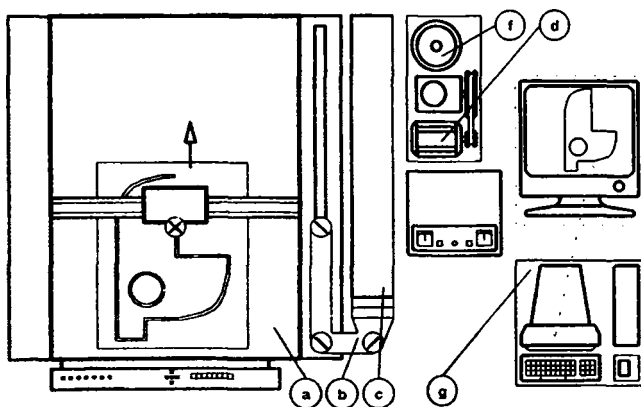


Рис. 3. Установка двумерного лазерного формообразования  
*a* - координатный стол; *b* - оптическая система; *c* - лазер; *d* - система охлаждения;  
*f* - система обдува; *g* - система проектирования и управления (система вентиляции  
 и очистки не показана)

## ЛИТЕРАТУРА

1. Gorushkin V., Skorodumov S., Zaitzev V. Rapid Prototyping in the USSR // Rapid Prototyping Monitor, 1992. – Vol. 1, № 4, P. 4 – 6.
2. Сухиненко Б.Н., Свирский Д.Н. Лазерная компактная производственная система: от технологического инварианта к конструктивному разнообразию продукции // Современные энергосберегающие и энергобезопасные технологии в машиностроении и легкой промышленности. – 1998. – С. 220–224.
3. Патент Республики Беларусь № 960240.
4. Патент Республики Беларусь № 960185.

УДК 621.923.7

Ю.В. Синькевич, Г.Я. Беляев

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО ПОЛИРОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

*Белорусская государственная политехническая академия  
Минск, Беларусь*

При изготовлении высокотехнологичных изделий, в частности тепловыделяющих сборок (ТВС) и тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ), очень остро стоит вопрос обеспечения заданного качества поверхности этих изделий. На комплектующих деталях ТВС и ТВЭЛх не допускается наличие заусенцев и термических окисных пленок; поверхности должны иметь заданную шероховатость с однородной микроструктурой и не иметь склонности к межкристаллитной коррозии (МКК).

Целью настоящей работы являлся сравнительный анализ процессов финишной обработки поверхности ТВЭЛов.

Критериями пригодности технологий для финишной обработки поверхности ТВЭЛов были приняты следующие:

- величина съема металла должна обеспечивать гарантированное нахождение остаточной толщины оболочки ТВЭЛов в заданном допуске;
- однородность состояния поверхности, ее микроструктура и шероховатость должны быть не хуже, чем при использовании штатной технологии финишной обработки;
- у обработанных сварных швов должна отсутствовать склонность к МКК.

Для проведения исследований и испытаний были изготовлены макеты ТВЭЛов с использованием медного порошка вместо топливной композиции. После проведения термических операций на поверхности макетов имелась темная окисная пленка различной интенсивности. Окончательно обработанные ТВЭЛы контролировались на соответствие требованиям чертежа, а также контролировалась остаточная толщина оболочки ТВЭЛа и склонность сварных швов к МКК.