

## **ВЫБОР ПРОТОТИПА КОМПАКТНОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИЗАЙНА**

Асп. Козинец Д.Г., доц. Свирский Д.Н. (ВГТУ)

Технический дизайн является одним из основных средств повышения конкурентоспособности продукции. Повышение эффективности и качества проектных работ при создании новых изделий вполне обоснованно связывается с автоматизацией процесса дизайна. При этом "узким местом" является автоматизированное изготовление прототипа изделия по компьютерной модели.

Есть основания полагать, что задачу оперативного макетирования в условиях сквозной автоматизации проектных работ можно успешно решить с помощью компактных производственных систем быстрого прототипирования. В состав систем быстрого прототипирования (Rapid Prototyping Systems) входят компьютерные средства с программным обеспечением, поддерживающим проектный процесс, и оперативно ими управляемый производственный модуль, позволяющий изготавливать дизайн-объекты сложной пространственной формы. К тому же компактная производственная система должна обладать минимально необходимыми ресурсами для выполнения определенной ей функции.

Задача проектирования компактной производственной системы быстрого прототипирования (КПС БП) характеризуется значительной неопределенностью исходной проектной ситуации. Разрешения противоречий между целью создания КПС БП и средствами для ее достижения требует непрерывной корректировки исходных посылок на разных этапах жизненного цикла инженерной разработки. Отличие условий проектирования КПС БП от традиционного, директивного проектирования, когда цель и задачи определены жестким техническим заданием и проектирование ведется по установленному стабильному маршруту, вынуждает прибегнуть к адаптивной стратегии проектирования, когда состав следующего этапа проектных работ определяется результатами предыдущего. Субъект проектирования в таком случае выступает как самоорганизующаяся система (по Дж. К. Джонсу) и руководствуется принципами: 1) поиск подходящей конструкции; 2) контроль и оценка схемы поиска (управление

стратегией). Таким образом, постоянно анализируется соответствие "стратегия - цель". Верификация найденных решений в имеющейся проектной ситуации осуществляется на основе логической словесной оценки. В соответствии с этим в процессе проектирования отслеживается поле эффективности возможных решений КПС БП (предметная область проектирования).

С целью охвата максимального пространства поиска решения на первом этапе (дивергенции проектирования) была сформулирована концепция "идеальной технологии" для задач макетирования дизайн-объектов. Таким образом, первоначально предметная область проектирования будет заключаться между некоторой "идеальной производственной системой" реализующей идеальную технологию, эффективность которой стремиться к бесконечности, и реально существующей производственной системой, эффективность использования которой не отвечает требованиям, условиям и задачам макетирования.

Процесс проектирования ведется в двух встречных направлениях: во-первых, поэтапное ограничение функциональных возможностей идеальной производственной системы и приближение ее параметров к реально достижимым значениям и, во-вторых, поэтапная рационализация существующих систем быстрого прототипирования и повышение их эффективности.

Для ограничения предметной области "снизу" проводился анализ существующих систем быстрого прототипирования.

В настоящее время на мировом рынке предлагается ряд систем БП для производства объектов сложной пространственной формы. В основу их функционирования заложены различные технологические принципы.

Фирма "Roland" предлагает фрезерные станки с ЧПУ для изготовления объемных макетов: модели PNC-2700, PNC-3000, PNC-3100. Управляющие программы подготавливаются ПЭВМ. Обработываемые материалы - модельный воск, дерево, пластик, алюминий, бронза. Характеристика PNC-2700: размер стола 500x330 мм; перемещение по осям 500x330x(30+25) мм; инструментальный патрон - цанговый; точность 0.01 мм; максимальная подача по X,Y 60 мм/с, по Z 30 мм/с; диапазон частот вращения шпинделя 8000..18000 об/мин; габариты 740x630x370 мм; масса 70 кг; число одновременно управляемых осей - 3. К недостаткам таких систем можно отнести то, что ввиду ограничения по проходимости инструмента в гамму изделий, изготавливаемых объемным фрезерованием, не включаются объекты с закрытыми поверхностями, с кривизной

поверхности превышающей возможности оснастки и требующие обработки со всех сторон.

Перспективны системы БП, основывающиеся на технологиях прямого синтеза. В зависимости от применяемого технологического принципа эти системы обладают различными функциональными показателями.

В установках компании 3D Systems используется процесс отверждения жидкого фотополимера под воздействием лазерного излучения - "стереоолитография". Лазерный луч сканирует тонкий поверхностный слой фотополимера с образованием необходимого сечения изделия (рис.1, а), затем изделие погружается в бак на толщину следующего слоя. Процесс повторяется до полного изготовления изделия. Характеристики установки SLA - 500: габариты рабочей зоны 500x500x570 мм; используемые материалы - акрилаты и эпоксиды; габариты 1700x3400x2000 мм; точность 0.1..0.5 мм.

Отличие технологии, используемой компанией Cubital America Inc., от технологии 3D Systems в том, что отверждение слоя фотополимера осуществляется сразу через трафарет при помощи излучения ультрафиолетовой лампы (рис.1, б). Установка Solider 4600 компании Cubital имеет следующие характеристики: габариты рабочей зоны 500x350x500 мм; используемые материалы - акрилаты; габариты 4000x1800x2900 мм; точность 0.1..0.2 мм.

На установках Sinterstation 2000 компании DTM Corp. изделие получается путем спекания порошкового материала. Лазерным лучом спекается площадь слоя порошка в форме сечения изделия (рис.1, в). Затем сверху из бункера насыпается следующий слой порошка, уплотняется валком, и лазерным лучом сканируется следующее сечение изделия, одновременно припекая его к предыдущему. Готовое изделие получается пористым. Установка имеет следующие характеристики: габариты рабочей зоны 300x380 мм; используемые материалы в виде порошка - нейлон, поликарбонаты, воск, термопласты; габариты 1500x3000x1700 мм; точность 0.075..0.5 мм.

Компания Sanders Prototype "выращивает" изделие путем нанесения тонких слоев струей термопластичного материала (рис.1, г). Управляемая головка с соплом сканирует сечение за сечением. Для поддержки свисающих частей может использоваться вторая головка, которая наносит вспомогательный материал, подлежащий удалению после синтеза всего изделия. Установка ModelMaker 6B этой компании имеет следующие характеристики: габариты рабочей зоны 150x150x150 мм; используемые материалы - термопластики; габариты 525x450x580 мм; точность 0.0025..0.0063 мм.

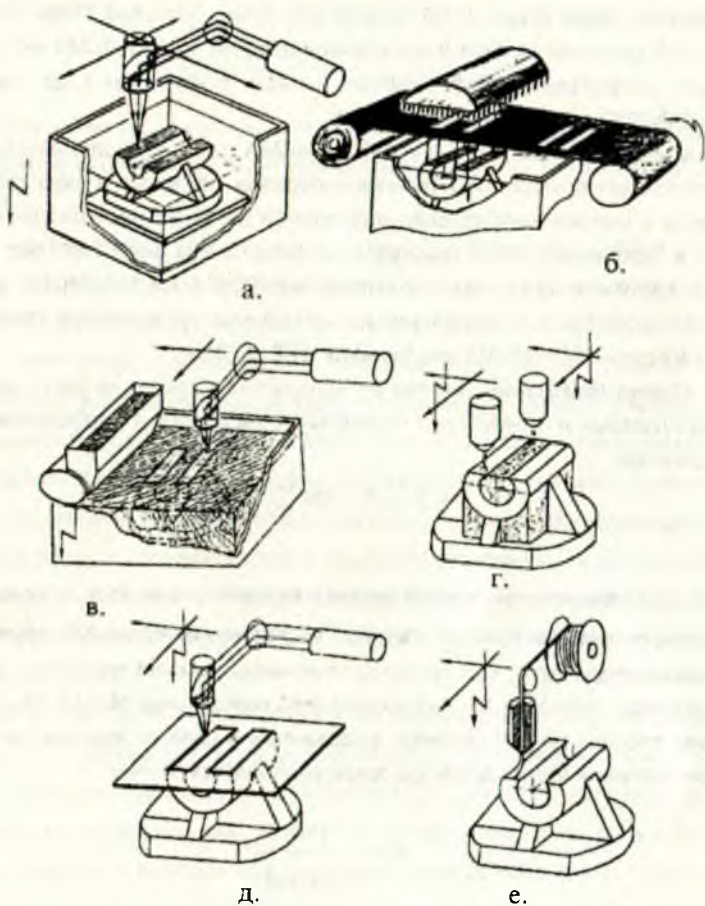


Рис. 1. Технологические схемы систем быстрого прототипирования

Технология послойной сборки (Laminated Object Manufacturing) используется компанией Helisys Inc. В процессе послойной сборки изделия получают путем соединения плоских сечений, которые предварительно раскраиваются из листового материала. Возможно также предварительное присоединение листа и удаление затем лишнего материала (рис.1, д). Характеристики установка LOM 1015 компании Helesys Inc.: габариты рабочей зоны 380x250 мм; используемые материалы - бумага, картон, фанера, пластмассы и др.; габариты 1200x980x1250 мм; точность 0.05..0.5 мм.

Компания Stratasys Inc. в своей установке FDM - 1600 для синтеза изделия использует принцип наплавления материала. Материал в виде проволоки подается в управляемую головку, нагревается почти до температуры плавления и в полужидкой фазе наносится на поверхность заготовки, где окончательно застывает (рис.1, е). Характеристики FDM - 1600: габариты рабочей зоны 250x250x250 мм; используемые материалы - полиолерин, полиамиды, воск; габариты 650x940x850 мм; точность 0.05..0.75 мм.

Оценку приведенных систем БП предлагается делать на базе анализа их функциональных и стоимостных показателей, сведенных в обобщенный критерий качества:

$$Q = \sum \alpha_i K_i, \text{ при } \sum \alpha_i = 1;$$

где  $\alpha_i$  - коэффициент значимости соответствующего параметра, определяемый экспертным методом;  $K_i$  - существенный показатель качества ( $K_1$  - точность,  $K_2$  - производительность,  $K_3$  - габаритные размеры рабочей зоны,  $K_4$  - габаритные размеры установки,  $K_5$  - характеристика капитальных затрат,  $K_6$  - характеристика текущих затрат) системы, выраженный в доле от максимально достижимого значения этого параметра среди аналогичных систем:

$$K_i = \frac{K_{i, \text{факт.}}}{K_{i, \text{max. факт.}}}$$

Расчет обобщенных критериев качества для каждой конкурирующей системы БП показал, что наиболее целесообразным является использование в качестве базового варианта КПС БП установки, реализующей технологию послойной сборки. Потенциал развития этой технологии позволяет проводить рационализацию прототипа с учетом обеспечения компактности на следующих этапах проектирования.