

МОДУЛИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ КОМПАКТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Д.Н. Свирский

Организационно-техническая подготовка компактного (ресурсосберегающего) промышленного производства зиждется на концепции автоматического преобразования конструктивного инварианта продукции в технический инвариант планируемой производственной системы на базе CALS технологий. В предыдущей статье [1] автором предложен один из методов выделения конструктивного инварианта продукции на основе детального анализа служебного назначения изделий. В этой работе предпринята попытка решить задачу идентификации конструктивного инварианта на основе модульного принципа синтеза технических объектов – так называемого «модулирования продукции».

Наиболее полно модульный принцип впервые рассмотрен в монографии [2], где были обобщены результаты его применения в отраслях промышленности и предложена следующая формулировка: «Модульный принцип – особенность построения технических систем, заключающаяся в подчинении их размеров проектному модулю (модулям) и (или) в обеспечении возможности комплектования разнообразных сложных нестандартных технических систем с большим различием характеристик из небольшого, экономически обоснованного количества типов и типоразмеров одинаковых первичных (типовых или стандартных) общих модуль-элементов». Все многообразие модулей промышленных изделий сведено к двум категориям: модуль-мера (проектный модуль) и модуль-изделие (физический модуль). В частности, под проектным плоскостным модулем понимается мера, характеризующая площадь определенной формы и габаритов. Физический модуль представляет собой конструктивно и функционально самостоятельную часть изделия, легко соединяемую (разъединяемую, заменяемую) с другими подобными частями для образования различных систем. Отмечено, что один и тот же искусственный объект, например, такой древнейший как кирпич может одновременно выступать с одной стороны как «проектный объемный модуль-мера», а с другой стороны – как «физический конструктивный модуль».

Модулирование представляет собой совокупность приемов системогенетики, посредством которых из общей структуры технического комплекса вычленяются единые элементы (модули) – функционально связанные составные части со строго ориентированными связями между ними. Структурная однородность системы достигается благодаря унификации стыковочных параметров и присоединительных размеров ее однотипных компонентов – модулей. Модульность конструкции повышает уровень качества изделия, эффективность его модификации, обеспечения разнообразия продукции. По своим последствиям модулирование аналогично агрегатированию, т.к. благодаря уменьшению числа исходных компонентов ограничивается рост многообразия исполнений системы. Однако его отличие в том, что на многообразии исполнений целенаправленно воздействуют одновременным управлением и элементами и связями между ними [3]. Использование однотипных элементов с простыми связями между ними является одним из важных направлений совершенствования технической системы за счет повышения степени однородности и регулярности ее структуры [4].

Действительно, пусть в результате модулирования компонентов объекта-системы образуется J_M модулей, объединяющих L связей между отдельными исходными элементами. Тогда в формировании многообразия исполнений объекта примут участие $L' = J_M$ связей между ними. Коэффициент модулирования связей между элементами

$$k_M = 1 - J_M / L$$

отражает среднюю тесноту связей между элементами в блок-модуле. Т.к. $2 \leq J_M \leq L$, то величина k_M находится в пределах $2/L \leq k_M \leq 1$. Степень упорядочения многообразия исполнений системы в результате модулирования связей между элементами определится зависимостью:

$$k_M^{(YM)} = 1 - \frac{2^{(1-k_M)L}}{2^L} = 1 - 2^{-k_M L}$$

Благодаря тому, что блок-модули после их формирования на единой технической основе обретают «самостоятельную жизнь», т.е. могут использоваться автономно в различных системах или в разных исполнениях одной и той же системы, модулирование ведет к увеличению разнообразия конечной продукции при нормированном количестве исходных системообразующих компонентов.

В статье [5] показана универсальность послойного принципа реализации конфигурации при формообразовании объектов сколь угодно сложной формы. В развитии указанной работы в качестве конструктивного инварианта многообразия исполнений изделий сложной пространственной формы был принят специфический модуль – слой заданного контура [6], представляющий собой определенное сечение будущей конструкции конкретного изделия в выбранном направлении. Таким образом, разнообразие конфигураций изделий в топологическом аспекте снижается с трехмерного до двухмерного, и в той же мере повышается «регулярность потока заказов» [7], следовательно, и ритмичность производственного процесса. Проведенные исследования показали, что при организации компактного производства слою как конструктивному инварианту оптимально соответствует технологический инвариант – лазерный размерный раскрой.

Типологический анализ послойных изделий [8] позволил выделить следующие их классы: а) сложноконтурные (или 2D-разнообразные), б) сложнопрофильные (или 2,5D-разнообразные), в) пространственно-сложные (или 3D-разнообразные). При производстве изделий классов $D > 2$ в качестве технологических адаптеров широко применяются операции автоматической и ручной сборки. В 3D класс (объемных) изделий входят подклассы 1) сплошных, 2) сборных, 3) оболочковых (каркасно-оболочковых и бескаркасных) изделий.

Сплошные пространственно-сложные изделия (т.н. «сэндвичевые структуры») получают классическим послойным синтезом. При производстве каркасно-оболочковых изделий для изготовления каркаса применяются различные виды разъемных и неразъемных соединений, в том числе взаимокрепление слоев за счет натяга между стыковочными элементами (рис. 1) [9].

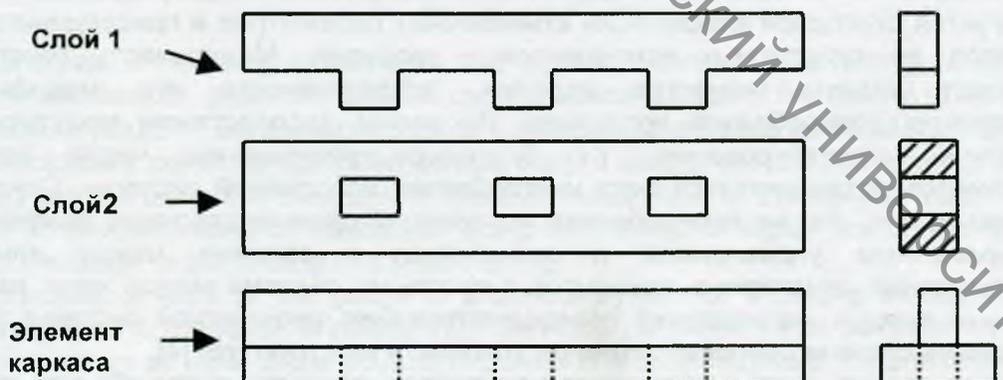


Рисунок 1 - Технологическая схема изготовления послойного каркаса

Серийное формование бескаркасных оболочек эффективно с использованием сплошной послойной оснастки [10]. Необходимо отметить, что индивидуальное изготовление подобных изделий в настоящее время стало возможным и без использования формующей оснастки, за счет локального выгибания (изгибания)

листового металла вдоль пути прохождения дозированного лазерного излучения [11]. Формование изделия в этом случае осуществляется за счет тепловой энергии лазерного луча, который, проходя по определенной траектории, вызывает нужные деформации в материале (рис. 2 а). Физические процессы, вызывающие требуемую деформацию, до сих пор детально не изучены, но известно, что формоизменение (рис. 2 б) происходит за счет синергизма температурного градиента и напряжений деформации. При прохождении лазерного луча по поверхности металлического листа в некоторой области материал стремится расшириться, но, в то же время, он окружен холодными участками, и поэтому нагретая зона сжимается за счет возникших напряжений. Степень деформации металлического листа зависит от мощности лазерного излучения, толщины листа, вида материала и количества проходов лазерного луча. Лазерная установка должна оснащаться датчиками обратной связи для получения требуемого угла изгиба металлического листа. Последние передают показания на терминал управления, где осуществляется мониторинг составляющих деформации.

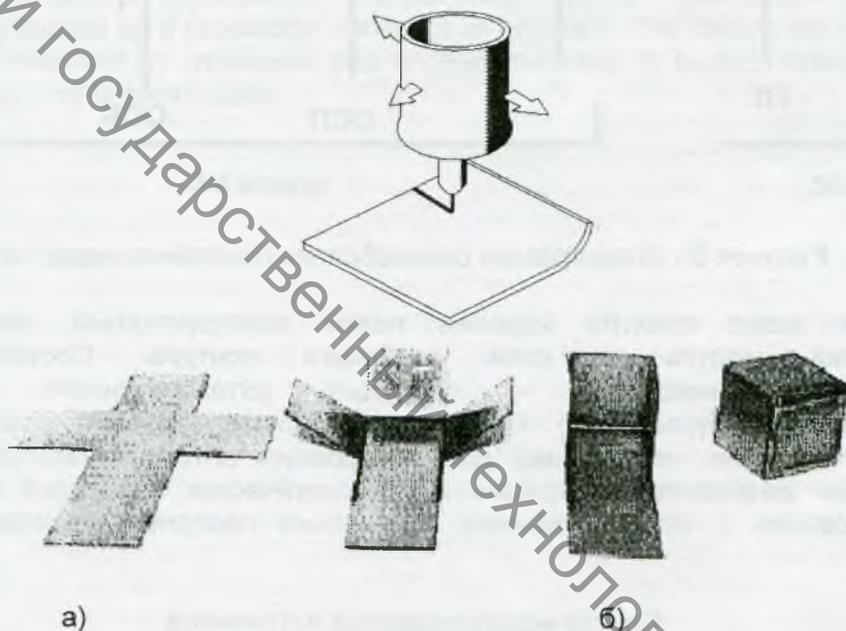


Рисунок 2 - Технологическая схема (а) и стадии (б) процесса формования металлической оболочки лазерным лучем

В последнее время для прогнозирования процессов развития, в том числе и технических систем, все шире используется кладистический анализ – один из методов междисциплинарной эволюционной систематики, несущий большой эвристический потенциал [12]. На рис. 3 приведена кладограмма послышной продукции, включающей изделия двух групп: однослойные (ОС) и многослойные (МС). В свою очередь, однослойные изделия могут быть тонкослойными (ТН) и толстослойными (ТЛ). А группу многослойной продукции образуют изделия рельефные (Р), объемные сплошные (ОСП), объемные сборные (ОСБ), объемные каркасно-оболочковые (ОКО) и объемные бескаркасные оболочки (ООБ). Для выделения той или иной ветви кладограммы использованы признаки а) взаимного пространственного расположения слоев: параллельное (ПЛ), перпендикулярное (ПН), под углом (УС), комбинированное (КМС); б) метода соединения: клеевое (КС), с натягом (НС) винтовое (ВС).

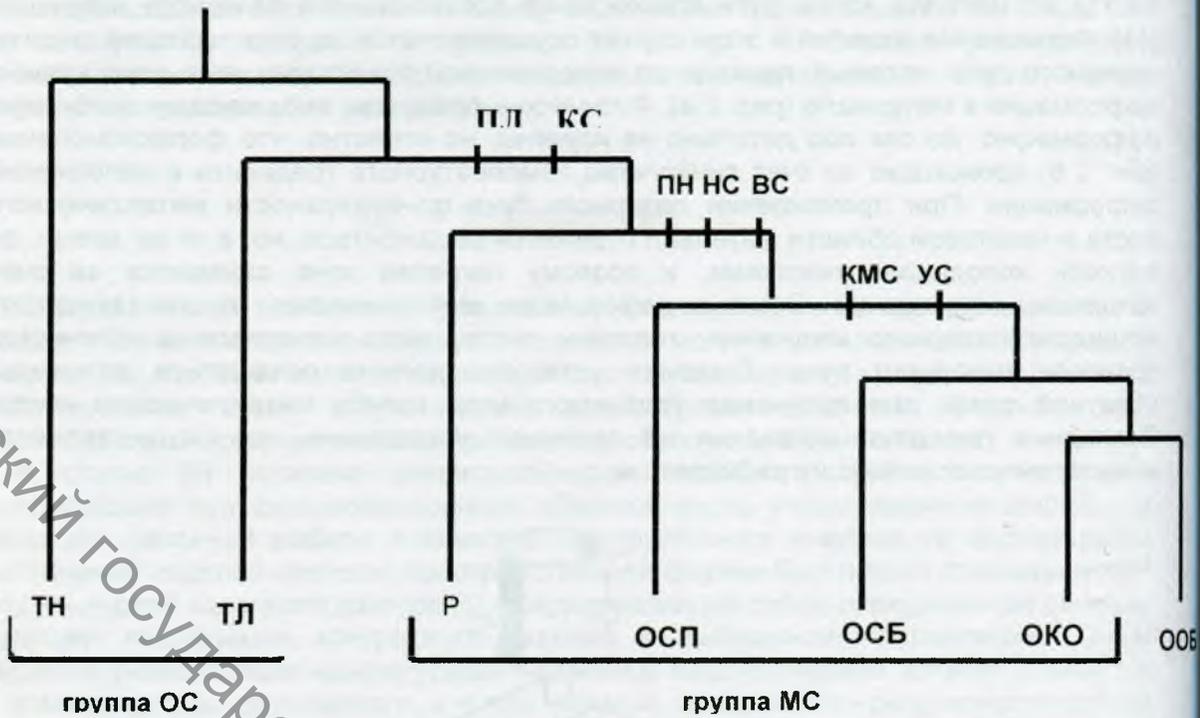


Рисунок 3 - Кладogramма разнообразия послойных изделий

В основе всего спектра изделий лежит конструктивный инвариант – специфический модуль – слой заданного контура. Соответствующий технологический инвариант – операция автоматического лазерного формообразования (раскроя). Проведенная систематизация разнообразия послойной продукции необходима для построения интеллектуальной системы автоматизации разработки продукции и технологических процессов послойного формообразования с использованием компактных лазерных производственных модулей.

Список использованных источников

1. Свирский Д.Н. Служебное назначение как основа выделения конструктивного инварианта продукции компактного машиностроительного производства // Вестник ВГТУ, 2005, вып. 8, с. 103 – 109.
2. Васильев А.Л. Модульный принцип формирования техники. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 238 с.
3. Амиров Ю.Д. Основы конструирования. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 392 с.
4. Балашов Е.П. Эволюционный синтез систем. – М.: Радио и связь, 1985. – 328 с.
5. Сухиненко Б.Н., Свирский Д.Н. Лазерная компактная производственная система: от технологического инварианта к конструктивному разнообразию продукции // Современные энергоресурсосберегающие и экологобезопасные технологии в машиностроении и легкой промышленности. – Витебск: ВГТУ, 1998. – с. 220 – 224.
6. Свирский Д.Н., Сухиненко Б.Н. Развитие технологии послойного синтеза в компактном производстве // Машиностроение, вып. 17. – Мн.: Технопринт, 2001. – с. 140 – 144.
7. Горюшкин В.И. Основы гибкого производства деталей машин и приборов. – Мн.: Наука и техника, 1984. – 222 с.

8. Свирский Д.Н. Компактные модули послыйного синтеза – технологические ячейки интеллектуальных производственных систем // Теория и практика машиностроения, 2003, № 2, с. 47 – 51.
9. Кучинский С.П., Свирский Д.Н., Сункуев Б.С., Сухиненко Б.Н. Способ изготовления изделий. Патент РБ № 3091, 1999.
10. Кучинский С.П., Свирский Д.Н. Выбор материала и способа изготовления формующей оснастки для производства манекенов // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэх. навук, 2000, №2, с. 53 – 57.
11. Thomson G., Pridham M.S. Controlled laser forming for rapid prototyping // Rapid Prototyping Journal, 1997, vol. 3, №4, pp. 137–143.
12. Griffiths P. Cladistics and functional explanation // Philosophy of Science, 1994, vol. 61, pp. 206 – 27.

SUMMARY

The commodity modulating principle is considered with the purposes of a compact commercial production organization. The particular module – the stratum of an ordered counter is proposed as a production constructive invariant. The cladogram of a laminated production produced by traditional and original methods of level-by-level synthesizing using laser cutting is constructed.