

## ПРОЦЕССЫ СИНТЕЗА ИЗДЕЛИЙ В КОМПАКТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

*Витебский государственный технологический университет  
Витебск, Беларусь*

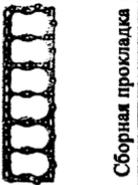
Известные разработки в области послыонного синтеза и конверсии гибкого высокоэффективного производства привели к созданию принципов компактности, которые позволяют создавать наукоемкие технологии для малых и средних предприятий [1-3]. Обработывающие комплексы, созданные на основе этих принципов, отличаются низким уровнем функционально-ресурсной избыточности, что существенно снижает их стоимость и эксплуатационные затраты [4]. Типичными представителями компактных производственных модулей являются опытно-промышленная установка лазерного формообразования и лабораторный комплекс фотополимеризации [5-6].

Лазерный раскрой и фотополимеризация обеспечивают инвариантность производственного модуля к сложности формы двухмерного контура, однако, большинство изделий машиностроения имеют сложную пространственную форму. С целью достижения требуемой степени инвариантности к реализации пространственной формы в компактном производстве применяются различные процессы соединения отдельных сложноконтурных элементов в изделие. С точки зрения служебного назначения объединение отдельных элементов представляет собой синтез изделия как комплекса, выполняющего единую функцию.

Исследования методов сборки показывают, что вне зависимости от формы и сложности объекта производства существует ограниченное разнообразие процессов синтеза изделий. В основе классификации процессов синтеза лежат следующие методы соединения отдельных элементов в изделие, табл. 1.:

- интегральный процесс формирования двухмерного элемента и одновременного его соединения с предыдущим, изготовленным из того же материала (этот процесс отнесен к первой группе синтеза — формообразованию цельных изделий);
- вторая группа содержит процессы синтеза неразъемных соединений при помощи склеивания и/или методами пайки и сварки;
- к третьей группе — процессам синтеза изделий с натягом — отнесены методы соединения элементов при помощи специальных пазов и выступов (в этом случае при незначительном усложнении контура элементов достигается существенное сокращение затрат на их соединение);
- к четвертой группе — процессу синтеза изделий с соединением отдельных плоских элементов при помощи крепежных деталей — отнесены методы сборки изделий всех типов, причем элементы конструкции могут быть изготовлены из различных материалов.

Таблица 1

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОДУКЦИИ КИМ	ТИПЫ ИЗДЕЛИЙ				
	ПЛОСКИЕ	РЕЛЬЕФНЫЕ	СБОРНЫЕ	ОБЪЕМНЫЕ	
				ОБОЛОЧКИ	СИЛОШНЫЕ
МЕТОД СИНТЕЗА					
1 ЦЕЛЬНЫЕ Одновременное соединение	А	Б	В	Г	Д
	 Прокладка	 Кронштейн	 Движок	 Крышка	 Шкив
2 НЕРАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ Соединение клеем, сваркой...					
	Сборная прокладка	Литейная модель	Стол	Обувная колодка	Пуансон
3 СОЕДИНЕНИЯ С НАТЯГОМ Установка в особые пазы					
	Витраж	Литейная модель	Приспособление	Каркас	Пуансон
4 С КРЕПЕЖНЫМИ ДЕТАЛЯМИ Винты, болты, шпильки, шурупы					
	Сборка длинномерных потонажных изделия	Пуансон и матрица	Кресло	Мотолодка	Мастер-макет

Процессы синтеза изделий в первой группе методов основаны на послойном отверждении фотоактивных композиционных материалов с применением так называемых «масочной» и «безмасочной» технологий стереолитографии. Необходимо отметить, что плоские изделия толщиной более 0,1 мм, форма которых не меняется по высоте, эффективно вырезать лазером из листового (рулонного) материала (1А). В обеих разновидностях стереолитографии — многослойной оптической литографии — используется физико-технический эффект фотохимического отверждения по свободно радикальному механизму олигомерной композиции, чувствительной к актиничному излучению. В компактном производственном модуле послойного синтеза изделий с использованием фотошаблонов возможно изготовление «сэндвичевых» высоконаполненных изделий (1В) с наперед заданным градиентом физико-химических (эксплуатационных) свойств вдоль оси синтеза [6]. Подобная технологическая схема послойной фотополимеризации требует оперативного изготовления фотошаблонов (масок) для отверждения слоев с различным контуром.

Вторая группа методов синтеза характеризуется однократным соединением элементов в готовое изделие. Например, продольное соединение в стык отдельных элементов предопределяет возможность изготовления плоских изделий практически неограниченной протяженности (2А). Кроме того, производство ламинированных рельефных деталей сложной внешней пространственной формы дополняется возможностью создания различных внутренних полостей (2Б). В свою очередь, применение поперечной сборки плоских элементов рекомендуется для изготовления объемных сборных изделий (2В). Процесс синтеза неразъемных соединений инвариантен к использованию различных исходных материалов и позволяет создавать детали в виде композиционных каркасов объемных оболочек (2Г). Наконец, послойный синтез предназначен для изготовления объемных сплошных изделий из заранее подготовленных плоских элементов (2Д).

Особенностью третьей группы методов синтеза является отсутствие дополнительных крепежных деталей и использование инвариантного двухмерного формообразования при создании специальных пазов для упрощения сборочных работ. Так, присоединяемые элементы собираются в плоское изделие при установке продольных сборочных выступов в пазы соседних элементов (3А). Рельефные изделия собираются аналогичным образом при помощи поперечных выступов и пазов (3Б). Объемные сборные изделия (приспособление для сварки двери трактора) изготавливаются путем запрессовки продольных выступов присоединяемых элементов в поперечные пазы базовых деталей (3В). Каркас оболочковых изделий (каркас для испытаний на крутильную жесткость) собирается путем продольно-поперечного соединения выступов и пазов в конструктивных элементах изделия (3Г). Для сборки манекена — сплошного объемного изделия — применяются специальные детали-замки, устанавливаемые с натягом в пазы конструктивных элементов (3Д).

К преимуществам четвертой группы методов синтеза относятся универсальность и инвариантность к исходным материалам. При изготовлении плоских погонажных изделий, протяженность которых превышает длину исходных заготовок, применяют сборку отдельных элементов на торцевых штифтах (4А). Для сборки рельефных деталей методом послойного синтеза возможно использование шпилек, стягивающих пакет (4Б). При производстве объемных сборных изделий часто применяют поперечные болтовые соединения, которые обеспечивают возможность демонтажа конструкции (4В). Одним из методов крепления оболочек к каркасам является сборка с применением заклепочных или винтовых соединений (4Г). Одной из задач обеспечения точности послойного синтеза сплошных объемных деталей является сокращение взаимного поперечного смещения отдельных элементов, которое достигается за счет их установки на направляющие шпильки (4Д).

В ходе выполнения исследований авторами были апробированы все перечисленные методы синтеза деталей указанных типов. Причем, при изготовлении корпуса микромолотки в центре компьютерного проектирования ВГТУ были использованы практически все представленные методы синтеза. Так, исходный материал каркаса — фанера — представляет собой результат ламинирования слоев шпона (2Д). Исходные элементы поперечного и продольного набора каркаса были выполнены методом лазерного формообразования (1А). Продольные стрингеры большой протяженности были склеены в стык (2А). Прочность и жесткость каркаса обеспечивались соединением стрингеров и шпангоутов с натягом при их запрессовке в специальные пазы (3Г). Крепление обшивки выполнялось при помощи шурупов (4Г).

Изготовление микромолотки подтвердило такую особенность классификации: объекты производства усложняются при изменении типа от А до Д, причем для производства объемных изделий используются рельефные и плоские детали. Кроме того, плоские детали применяются для изготовления рельефных изделий. Аналогичное усложнение конструкции объекта производства наблюдается и при переходе от 1 к 4 группе методов синтеза.

Приведенная классификация методов синтеза, соответствующих определенным типам объектов производства, показывает возможность создания недорогих компактных производственных модулей межотраслевого назначения и их эффективного внедрения на малых отечественных предприятиях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Gorushkin V., Skorodumov S., Zaitzev V. Rapid Prototyping in the USSR // Rapid Prototyping Monitor, 1992. — Vol. 1, № 4, P. 4–6. 2. D. Svirsky, B. Sukhinenko Compact manufacture technological processes designing features // Proc. Int. conf. «SOP'2000». — Krakow: PK, 2000. — P. 67 – 72. 3. Интеллектуальное производство: состояние и пер-

спективы развития / Хейфец М.Л., Чемисов Б.П., Акулович Л.М. и др. — Новопо-  
лоцк: ПГУ, 2002. — С.6 – 38. 4. Свирский Д.Н., Сухиненко Б.Н. Пути эффективного  
внедрения лазерных технологических комплексов // Мат. 3-й междунар. конф. «ВИТТ-  
99», ч.2. — Мн.: БГУ, 1999. — С. 195 – 197. 5. Свирский Д.Н., Сухиненко Б.Н. Разви-  
тие технологии послойного синтеза в компактном производстве // Машиностроение,  
вып. 17. — Мн.: Технопринт, 2001. — С. 140 – 144. 6. Свирский Д.Н. Технологичес-  
кое обеспечение компактной производственной системы послойного синтеза деталей  
из фотополимеров. Автореф. дисс. на соискание ученой степени к.т.н. — М.: МАИ,  
1994. — 16с.

УДК 621.9.06

Д.Н. Свирский, А.С. Фирсов

## **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ФОРМАЛИЗАЦИИ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗА МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ**

*Витебский государственный технологический университет  
Витебск, Беларусь*

В современных условиях каждое предприятие, производящее металлорежущее оборудование, жестко ориентировано на требования потребителей его продукции. Для повышения эффективности проектирования станков внедряется сквозная автоматизация технической подготовки производства. В этом направлении мировой станкостроительной наукой достигнуты определенные успехи, большей частью на стадии детальной разработки проекта новой продукции. В тоже время существуют известные трудности автоматизации ранних стадий разработки конкурентоспособного станка. Они обусловлены, прежде всего, сложностью формализации существенно творческих проектных процедур на этом этапе проектирования. На ранних стадиях проектирования закладываются принципиальные системотехнические и конструктивные решения, во многом предопределяющие коммерческий успех проекта. Именно на этой стадии осуществляется синтез структуры создаваемого станка в соответствии с его функциональным назначением.

Под структурным синтезом понимается определение состава и взаимосвязей компонентов проектируемого объекта. При структурном синтезе металлорежущего оборудования определяют его принципиальную (функциональную) схему, а также осуществляют выбор входящих в эту схему конструктивных элементов.