

УДК 621.001.76

В. Л. АФОНИН, Б. М. БАЗРОВ, Л. К. КОВАЛЕВ,
А. Ф. КРАЙНЕВ, доктора технических наук
(ИМАШ им. А. А. Благонравова РАН)

Пространственные механизмы параллельных соединений как элементная база нового поколения станков

Возрождение отечественного станкостроения должно сопровождаться созданием технических систем, построенных на принципиально новом уровне с использованием оригинальных структурных и конструктивных решений. Только такой подход при восстановлении разрушенной за последние 15 лет жизненно важной отрасли народного хозяйства может обеспечить российскому

станкостроению выход на международный рынок. Перед современным станкостроением стоят задачи создания эффективных многофункциональных машин, обеспечивающих высокие производительность, надежность, точность и низкую себестоимость как самой машины, так и продукции, изготавливаемой на ней.

Успешное решение этих задач возможно, если использовать прин-

ципы модульной технологии [1, 2] и преимущества пространственных механизмов параллельных соединений [3, 4].

В основе решения машиностроительных задач всегда лежит технологический процесс, для осуществления которого и создается та или иная техническая система. В то же время, как показывает практика, технологический процесс и конструкция, структура технической системы взаимосвязаны. Максимальный эффект от применения оборудования нового поколения будет только при условии использования последних достижений в технологии. В этой связи целесообразно создание станков нового поколения

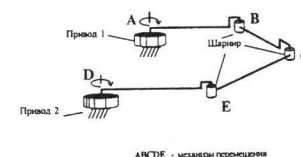
ориентировать на осуществление модульной технологии [1, 2]. Сущность модульной технологии заключается в том, что любая деталь рассматривается как совокупность модулей поверхности, выполняющих определенные функции. Модульная технология предполагает, что все поверхности одного модуля выполняются на одном станке по технологическому процессу, получившему название модуля технологического процесса. Это дает возможность кратчайшим путем обеспечить точность относительного положения поверхностей и упрощает размерные связи между операциями. Ограниченная номенклатура модулей поверхности создает предпосылки для ограничения числа модулей технологического процесса и открывает путь к построению единого банка унифицированных модулей для всего машиностроения.

Создание станков, ориентированных на осуществление не методов обработки, а модулей технологического процесса, позволит построить единую элементную базу станков, отличающуюся высокой устойчивостью и небольшим, обобщимым разнообразием элементов. Наличие такой базы дает возможность использовать конструктивные принципы и решения, которые при небольшом разнообразии структурных схем охватывают широкую номенклатуру станков. Решением этой проблемы может быть создание станков на основе применения пространственных механизмов параллельных соединений.

Пространственный механизм параллельных соединений предполагает, что все точки звеньев этого механизма описывают неплоские траектории, при этом выходное звено соединяется со стойкой (станцией) несколькими параллельными кинематическими цепями. Эти механизмы при заторможенном выходном звене позволяют создать манипуляционные и операционные технические системы, у которых выходное звено соединено со стойкой пространственной фермой. Все вместе взятое дает возможность на базе этих механизмов создать технические системы, обладающие по-

вышенной жесткостью и грузоподъемностью по сравнению с системами, имеющими разомкнутые кинематические цепи. Несущая способность выходного звена технических систем на базе пространственных механизмов параллельных соединений сравнима с несущей способностью обычных металлообрабатывающих станков при металлоемкости этих систем в десятки раз более низкой. Такого рода станки не требуют применения традиционных прямолинейных направляющих, салазок, ползунов и т. п., отличающихся большой металлоемкостью. Пространственные механизмы параллельных соединений обеспечивают до шести степеней свободы выходного звена при высокой точности перемещения, которая достигается благодаря управляющим программам, компенсирующим погрешности перемещения. Все это снижает общую себестоимость такой технической системы в 1,2—2 раза.

Сочетание функциональной направленности технической системы и стандартизации элементов, из которых собирается данная техническая система, — один из перспективных путей повышения эффективности машиностроения. При разработке нового поколения станков расширение возможностей стандартизации может быть получено благодаря применению модульного принципа построения технологических процессов и техниче-



ABCDE - механизм перемещения

Рис. 1

ских систем, что позволит осуществить сборку технической системы из небольшого набора первичных (базовых) элементов, которые легко соединяются, разъединяются и заменяются, образуя новые технические системы (станки) с новым функциональным назначением. Применение пространственных механизмов параллельных соединений в станках нового типа позволит одним и тем же механизмом проводить загрузку заготовки, ее обработку и выгрузку уже готового изделия, т. е. сочетать транспортные и технологические операции.

На рис. 1 представлена структура пятизвенного механизма, который как базовый элемент (модуль) может быть использован для создания станков разного назначения. В качестве модуля можно также применить, например сферический пятизвенник или какой-либо другой механизм.

На рис. 2 представлены схема (а) и конструктивное исполнение (б) станка для раскроя листовых материалов, например плоских деталей

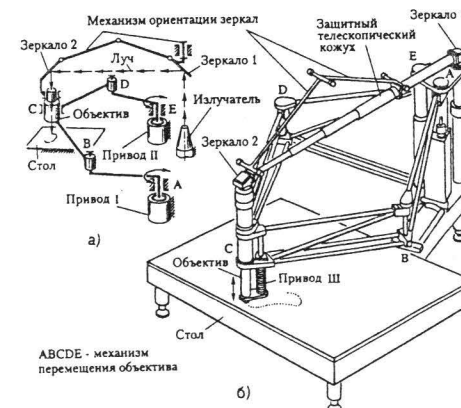


Рис. 2

из металла, пластика, дерева, лучом лазера [5]. Для обработки плоских объектов необходимо сканировать луч лазера по двум координатам и поддерживать постоянным фокусное расстояние. Два привода *I* и *II* перемещают объектив над заготовкой, привод *III* поддерживает требуемое расстояние объектива от обрабатываемой поверхности. Механизм ориентации зеркал синхронно в зависимости от местоположения объектива изменяет угол наклона зеркал *1* и *2*, обеспечивая параллельность лучей от излучателя к зеркалу *1* и от зеркала *2* к объективу. Шарнирные пары вращения *A*, *B*, *C*, *D* и *E* при этом играют роль плоских направляющих.

На основе этого же базового модуля разработан станок для профильной объемной обработки резанием (рис. 3) [6]. Характерно, что в этом случае инструмент, перемещающийся относительно детали, имеет 6 степеней свободы (еще один привод для вращения заготовки или инструмента непосредственно размещается на звене пятизвенника) (см. рис. 1), на базе которых строится станок, имеет только две степени свободы относительно неподвижного основания.

Необходимость одновременно и взаимозависимо управлять двумя, четырьмя, шестью или большим числом приводов в таких технических системах диктует построение системы управления на базе совре-

менной микропроцессорной техники. Эта система должна иметь следующие функции: обеспечивать управление многозвенными исполнительными механизмами в реальном масштабе времени; при необходимости компенсировать упругие деформации плеч многозвенников от действия сил резания; управлять многозвенной системой таким образом, чтобы силы резания совпадали с направлением максимальной жесткости и прочности фермы многозвенника; включать в себя набор быстродействующих блоков обработки информации и измерительных датчиков контроля геометрических размеров обрабатываемой поверхности, упругих деформаций исполнительных механизмов и ряда других. Данные системы управления строятся на основе универсальных ЭВМ с высоким быстродействием. Как правило, это встроенные микроЭВМ. Кроме того, характерно для этих систем использование механических узлов. В отличие от существующих металлообрабатывающих станков в технических системах, построенных на основе пространственных механизмов параллельных соединений, механизмов относительного манипулирования, чрезвычайно важно контролировать основные параметры технологического процесса (скорость, силу и мощность резания) с тем, чтобы оптимизировать показатели качества обработки. Принципиальное от-

личие этих систем управления состоит в том, что высокие показатели качества обработки в этих системах достигаются не за счет ужесточения требований к механическим узлам, а за счет совершенствования систем контроля и управления.

Приведенные примеры реализованных проектов нового поколения станков, созданных на основе пространственных механизмов параллельных соединений, показывают преимущества предлагаемого принципа формирования новой элементной базы станков. Станки, разрабатываемые по этому принципу, строятся на современной элементной базе, имеют развитую структуру и систему управления, базирующуюся на передовой вычислительной технике. Построенные по модульному принципу станки обладают высокой гибкостью, так как только за счет изменения своей конфигурации позволяют быстро переходить от выпуска одного изделия к другому. При этом они не несут в себе избыточных возможностей, например в виде невостребованного в полной мере магазина инструментов, как это имеет место в случае применения обрабатывающих центров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базов Б. М. Модульное машиностроение — машиностроение двойного назначения (статья первая) // Стандарты и качество. 1996. № 6. С. 21.
2. Базов Б. М. Модульное машиностроение — машиностроение двойного назначения (статья вторая) // Стандарты и качество. 1996. № 8. С. 12.
3. Конструирование машин: В 2 т. // К. В. Фролов, А. Ф. Крайнев, Г. В. Крейнин и др. Под общ. ред. К. В. Фролова. М.: Машиностроение. 1994. 528 с.
4. Глазунов В. А., Колесков А. Ш., Крайнев А. Ф. Пространственные механизмы параллельной структуры. М.: Наука. 1991. 95 с.
5. Разработка установок для лазерной резки на основе механизмов параллельной структуры / А. Ф. Крайнев, Л. К. Ковалев, Б. Г. Васецкий, В. А. Глазунов // Проблемы машиностроения и надежности машин. 1994. № 1. С. 84.
6. Афонин В. Л. Управление технологическими машинами, построенными на замкнутых механизмах относительного манипулирования // Проблемы машиностроения и надежности машин. 1995. № 5. С. 97.

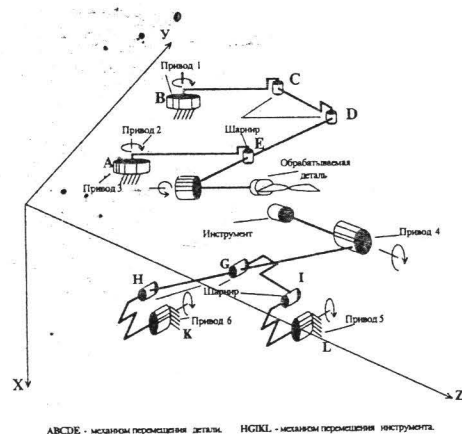


Рис. 3