

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОСТИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ НА ОСНОВЕ УПРАВЛЯЕМЫХ СХЕМ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

*Полоцкий государственный университет
Новополоцк, Беларусь*

Универсальность станка определяется реализуемыми кинематическими схемами обработки. Их синтез является ответственным этапом функционального проектирования станка, так как допущенные здесь ошибки не могут быть компенсированы на стадиях его конструирования. Методологической основой синтеза рациональной схемы обработки является теория формообразования поверхностей, согласно которой формирование поверхности резанием включает воспроизведение производящих линий (образующей и направляющей) и их относительное перемещение. При этом каждая из этих линий может быть образована или одним из простых методов (копирования, следа, касания, обката) [1] или их сочетанием (комбинированным методом) [2], а методы формообразования поверхности в целом представляют возможные сочетания методов формообразования производящих линий. Чем больше методов формообразования реализуется станком, тем шире его технологические возможности (универсальность) по форме обрабатываемых поверхностей. Возможность их реализации должна быть обеспечена при функциональном проектировании станка, прежде всего, за счет применения управляемых схем формообразования.

Метод формообразования производящей линии определяется ее материальным носителем, которым может быть производящий элемент инструмента (точка, линия или поверхность), кинематика станка или их сочетание, поэтому от выбора метода формообразования зависит сложность инструмента и станка. При методах копирования и обката производящим элементом является линия, однако в первом случае для образования линии не требуется движение формообразования и ее материальным носителем является только инструмент, а во втором случае линия формируется в результате сложного относительного движения производящего элемента как огибающая множества его положений. Материальным носителем формируемой линии в этом случае являются инструмент и кинематика станка, благодаря чему его универсальность повышается. По сравнению с методом копирования режущая часть инструмента упрощается и один инструмент позволяет обрабатывать множество поверхностей, однако сложность станка возрастает. Следовательно, при перенесении функции кинематики формообразования на инструмент механика станка упрощается, а конструкция инструмента усложняется.

Максимальная универсальность станка обеспечивается при методах следа и касания, благодаря тому, что производящим элементом является точка, которой для образования производящей линии в первом случае требуется сообщить одно, а во втором – два движения формообразования. Материальным носителем формируемой линии в этих случаях служит только кинематика станка, что и обеспечивает его универсальность.

Управление схемами формообразования для обеспечения требуемой универсальности станка достигается настройкой:

- соотношения скоростей и направлений элементарных движений, образующих исполнительные движения;
 - геометрических параметров схемы обработки,
 - относительного расположения и перемещения траекторий элементарных движений;
- а также использованием для формирования производящей линии различных участков образуемой линии.

Таким образом, требуемая траектория исполнительного движения в общем случае формируется методами кинематического и геометрического управления, что обеспечивается в станках с помощью копировальных устройств, механизмов-построителей или систем программного управления. Наиболее простым в реализации и наиболее точным является второй метод (кинематического профилирования), особенно если требуемая траектория движения формообразования создается согласованными постоянными по скорости и направлению движениями исполнительных органов станка. В этом случае исключаются ошибки в формировании образуемой линии, обуслов-

ленные при других методах, например, неточностью изготовления копира и работы копировальной системы или программированием координат отдельных точек этой линии.

Следует отметить, что метод кинематического профилирования применим не только для точного, но и для приближенного формирования производящих линий, например, когда заданная прямая заменяется кривой, отклонение которой от прямой не превышает допусковое значение. Аналогично, кривая линия может заменяться другой, легко формируемой, кривой, что повышает универсальность схемы обработки.

Следует иметь в виду, что требуемое согласование движений исполнительных органов при кинематическом профилировании производящих линий может обеспечиваться не только механическими, но также электромеханическими и мехатронными кинематическими связями [3]. Отличие последнего случая от метода формирования производящей линии программными средствами состоит в том, что задаются не координаты отдельных ее точек, а скорости движений исполнительных органов. В этом случае для согласования скоростей движений требуются не сложные системы ЧПУ, а более простые программируемые контроллеры.

Изменением соотношения скоростей и направлений элементарных движений, образующих движение формообразования, обеспечивается управление траекторией этого движения для ее приближения с требуемой точностью к принадлежащей номинальной поверхности производящей линии. Кинематическое управление формой производящих линий через параметры исполнительных движений (траекторию, скорость, направление, исходное положение, путь, относительное положение траектории) значительно расширяет технологические возможности схем обработки по форме поверхностей без введения дополнительных движений, т. е. без усложнения кинематики формообразования.

Такое управление является универсальным методом формирования сложных поверхностей. Оно широко применяется, например, в схемах кинематического профилирования, основанных на двух согласованных по скорости и направлению элементарных движениях. В этом случае траектория исполнительного движения представляет циклоидальную линию, которая в зависимости от кинематических и геометрических параметров схемы формообразования может быть прямой, окружностью, эллипсом и более сложными по форме кривыми [4]. Изменением относительного расположения плоскостей вращательных движений достигается модификация этих кривых, что расширяет технологические возможности схемы формообразования без введения дополнительных движений [2].

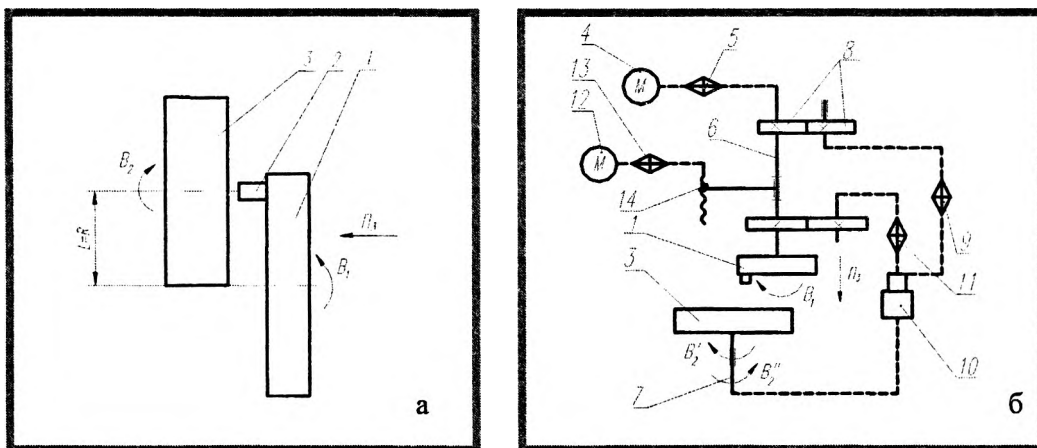


Рис. 1. Кинематическая схема профилирования (а) и кинематическая структура станка (б) для обработки пазов на торце детали

Простота реализации исполнительных движений, основанных на двух согласованных вращательных движениях, обусловила их широкое применение в различных способах зубообработки, в частности, зубчатых контуров (равномерно расположенных пазов) на торцах деталей. Их обработка осуществляется резцовой головкой 1, (рис. 1, а), которой и заготовке 3 сообщаются одинаково направленные согласованные вращательные движения соответственно V_1 и V_2 вокруг параллельных осей с отношением N их угловых скоростей, равным двум, и относительное движение подачи P_3 вдоль оси вращения заготовки [5]. При указанном отношении угловых скоростей и расстоянии L между осями резцовой головки и заготовки, равном радиусу R окружности, на которой расположены резцы 2, обеспечивается обработка только четного числа прямолинейных пазов, количество которых в два раза больше, чем резцов.

Технологические возможности данной схемы значительно расширяются, если изменять по определенному закону передаточное отношение частот вращательных движений инструмента и заготовки [6].

Например, для обработки зубчатых контуров с нечетным числом прямолинейных пазов угловые скорости движений V_1 и V_2 задают такими, чтобы в течение одного оборота инструмента их отношение N принимало в зоне обработки значение, равное двум (для формирования прямолинейного паза), а на остальном участке компенсировало вызванную несогласованность вращательных движений, нарушающую условие непрерывного деления.

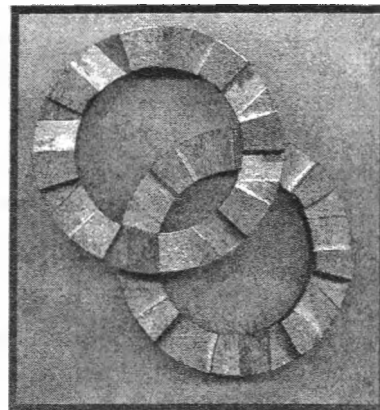
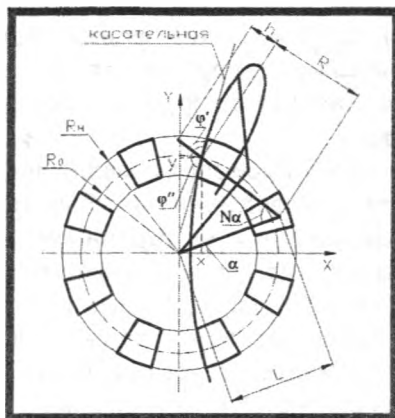


Рис. 2. Схема и графическая модель формообразования ТЗК (а) и образцы (б) обработанных деталей

Кинематическая структура станка с механическими связями, реализующего такую схему обработки, приведена на рис. 1, б. Станок содержит привод вращения инструмента 1, состоящий из двигателя 4 и органа настройки 5 скорости резания, шпиндели 6 и 7 соответственно инструмента 1 и заготовки 3, дополнительную кинематическую цепь с механизмом 8 автоматического изменения угловой скорости вращения заготовки и органом настройки 9, кинематическую цепь деления с суммирующим механизмом 10 и органом настройки 11. Для осуществления поступательного перемещения инструмента вдоль оси заготовки служит привод подачи, содержащий двигатель 12, орган настройки 13 и тяговое устройство 14.

Дальнейшее расширение технологических возможностей схемы обработки достигается за счет управления геометрическими параметрами L и R , исходя из геометрии торцового зубчатого контура, при условии, что $L \neq R$ [7].

Траектория исполнительного движения в этом случае (рис. 2, а) описывается системой уравнений:

$$\begin{cases} X = L \cos \alpha - R \cos((N - 1)\alpha) \\ Y = L \sin \alpha + R \sin((N - 1)\alpha) \end{cases} \quad (2)$$

где α - угол поворота заготовки или перемещения резцовой головки в относительном движении.

Анализ системы (2) показывает возможность существенного изменения траектории исполнительного движения. За счет управления указанными параметрами достигается, например, обработка на одном станке (широкоуниверсальном зубошлифозерном станке модели ВС-50 производства Витебского станкостроительного завода «Вистан»)

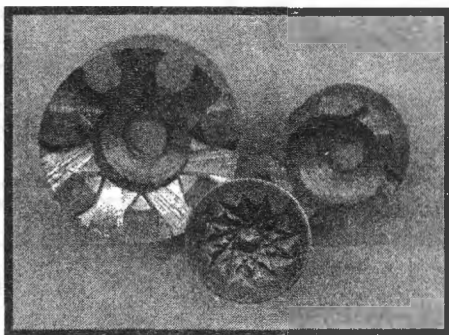
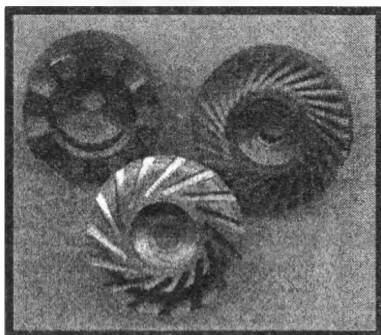


Рис. 3. Образцы деталей с торцовым зубчатым контуром, образованным кинематическим профилированием

зубьев кулачковой муфты (рис. 2, б) с вогнутыми (верхняя полумуфта) и выпуклыми (нижняя полумуфта) боковыми сторонами, что важно для повышения ее долговечности.

Данная схема при соответствующей настройке

позволяет также обрабатывать пазы со сходящимися к центру боковыми сторонами. Такая форма пазов обеспечивается, если точка боковой грани на среднем диаметре расположения пазов при-

надлежит касательной к траектории движения режущей кромки, проходящей через ось вращения заготовки.

Использование различных участков траектории исполнительного движения в качестве производящей линии и рассмотренных методов кинематического и геометрического управления позволяет обрабатывать на одном станке торцовые зубчатые контуры с различной геометрией и расположением пазов (рис.3).

Изменение относительной ориентации траекторий элементарных вращательных движений

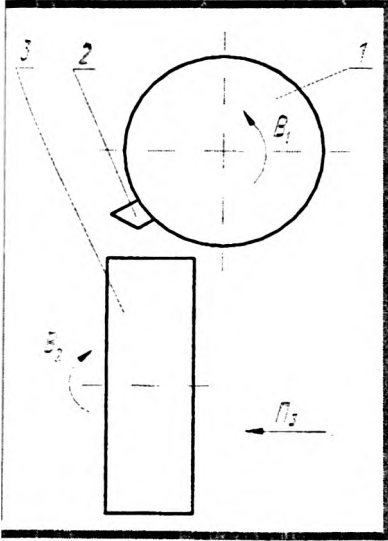


Рис. 4. Кинематическая схема обработки пазов на цилиндрической заготовке

позволяет трансформировать рассмотренную схему в схему обработки пазов на цилиндрической заготовке (рис. 4) [8]. Способы управления производящей линией, рассмотренные выше, применимы и для этой схемы обработки. Кинематика станка для обработки по ней пазов аналогична кинематике зубофрезерных станков обкатного типа, что позволяет реализовывать данную схему на существующих станках и тем самым расширить их технологические возможности.

Управление производящей линией возможно также относительным перемещением траекторий элементарных движений, составляющих исполнительное движение. На этом основан, например, способ обработки торцовых контуров с протяженными пазами [9], согласно которому заготовке и инструменту с равномерно расположенными по окружности резцами сообщают согласованные вращательные движения вокруг скрещивающихся под прямым углом осей и два согласованных поступательных движения подачи, одно из которых осуществляют вдоль оси вращения инструмента, а другое - перпендикулярно этой оси.

Таким образом, управляемые схемы формообразования обеспечивают расширение технологических возможностей станков без усложнения их кинематики. Их реализация с применением в обоснованных случаях числового программного управления еще в большей степени повышает универсальность станочного оборудования и упрощает осуществление движений с переменными параметрами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федотенок А.А. Кинематическая структура металлорежущих станков. – М: "Машиностроение", 1970.– 403 с.
2. Данилов В. А. Формообразующая обработка сложных поверхностей резанием. – Мн: Навука і техника, 1995. – 264 с.
3. Данилов В. А. Особенности построения кинематической структуры станков для обработки сложных поверхностей // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Прикладные науки. – 2006. – №12. – С. 2-11.
4. Данилов В.А., Данилова Л.А. Кинематическое формирование производящих линий поверхности при обработке резанием на базе циклоидальных кривых // Вестник Полоцкого государственного университета, серия В "Прикладные науки". – №12. – 2004 – С. 44 – 53.
5. Карелин Н.М. Бескопирная обработка цилиндрических деталей. – М.: Машиностроение, 1966. – 187 с.
6. Патент 6165 ВУ. МПК⁷ В23С3/28. Способ обработки пазов на торцах деталей и станок для его осуществления / Данилов В.А., Киселев Р.А. (ВУ). – № а19990206; Заявл. 1999.03.02; Оpubл. 2004.06.30.
7. Патент 6063 ВУ. МПК⁷ В23С3/28. Способ обработки пазов на торцах деталей / Данилов В.А., Киселев Р.А. (ВУ). – № а19980652; Заявл. 1998.07.10; Оpubл. 2003.12.02.
8. Способ обработки пазов дисковой фрезой: А.с. 1798056 СССР, МКИ⁵ В23С 3/28 / В.А. Данилов /БИ. – 1993. – № 8.
9. Данилов В.А., Киселев Р.А. Способ обработки пазов на торцах деталей. №19990617 В23С 3/28 Афіційны бюлетэнь 4(27) 2000 г.