УДК 621.91.04

АНАЛИЗ И РЕАЛИЗАЦИЯ СХЕМ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ С СИНУСОИДАЛЬНЫМ ПРОФИЛЕМ

д-р техн. наук, проф. В.А. ДАНИЛОВ, А.И. КОСТЮЧЕНКО, А.Н. СЕЛИЦКИЙ
(Полоцкий государственный университет)

Показана целесообразность применения в профильных моментопередающих соединениях трансмиссий машин как более простых в обработке синусоидальных поверхностей. Рассмотрены схемы их профилирования методом следа при сообщении производящему элементу осциллирующего движения и комбинированным методом следа и обката вращающимся производящим элементом в виде эксцентрично расположенной окружности. Установлены реализуемые настройкой станка пути управления формой синусоидальной поверхности, а также кинематические и геометрические методы улучшения условий резания при ее ротационном точении, не требующие усложнения конструкции станка или инструмента. Рассмотрена кинематическая структура широкоуниверсального станка, обеспечивающего реализацию метода ротационного точения цилиндрических и винтовых синусоидальных поверхностей.

Введение. Удельные затраты на производство деталей моментопередающих соединений трансмиссий машин значительно выше, чем других деталей, а качество моментопередающих поверхностей существенно влияет на вибрацию, шум, точность и долговечность этих соединений. Поэтому актуально совершенствование конструкций моментопередающих соединений и создание эффективных технологий их изготовления.

В зарубежном машиностроении (металлорежущем и кузнечно-прессовом оборудовании, строительных, дорожных и сельскохозяйственных машинах, промышленных роботах, инструментальных системах и т.д.) наряду с традиционными, шлицевыми, применяются профильные бесшпоночные соединения, что обусловлено их эксплуатационными и технологическими преимуществами, основные из которых – более высокая долговечность при меньшей себестоимости изготовления [1].

Применение профильных соединений в отечественном машиностроении сдерживается как отсутствием соответствующих стандартов на них, так и нерешенностью теоретических и конструкторско-технологических задач синтеза рациональных схем формообразования, создания специального станочного оборудования и инструментального обеспечения, разработки технологических процессов изготовления профильных соединений, что свидетельствует о важности исследований по этой проблеме.

Контурными линиями, ограничивающими профиль некруглой поверхности, могут быть прямые, синусоидальные и циклоидальные кривые, линии равной ширины и др. Выбор вида кривой во многом зависит от имеющегося оборудования для обработки моментопередающего соединения. В мировой практике чаще применяются моментопередающие соединения с равноосным контуром (РК-профиль) [1], обработка которых производится на сложных и дорогостоящих станках-профиляторах, основанных на сообщении заготовке вращения, а режущему инструменту двух согласованных возвратно-поступательных движений во взаимно-перпендикулярных плоскостях [2]. Заслуживает внимания близкий по геометрии к РК-профилю синусоидальный (СК-профиль), ограниченный синусоидальной контурной кривой. Его преимущество – сопряженные наружные и внутренние поверхности деталей с таким профилем могут быть получены по схеме с более простой кинематикой формообразования и, следовательно, на более простых по конструкции станках. В этой связи совершенствование схем формообразования поверхностей с синусоидальным контуром и разработка средств их реализации имеет практическое значение. Эти задачи являются предметом анализа в данной работе.

Геометрия синусоидального профиля. Геометрию некруглого профиля при любой форме ограничивающей его контурной кривой, в том числе и синусоидальной, определяют следующие параметры (рис. 1, а): диаметр (радиус) вписанной окружности $d(r)$; средний диаметр (радиус) профиля $D(r_c)$; диаметр (радиус) описанной окружности $D_o(R_o)$; эксцентриситет профиля e; радиус-вектор профиля ρ; угловой параметр профиля φ, количество выступов m.

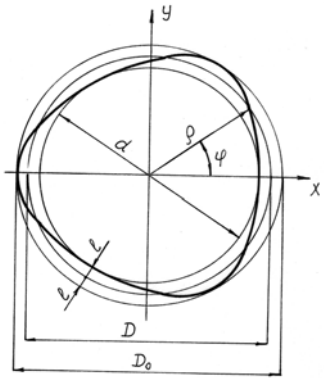
В полярной системе координат синусоидальная контурная кривая описывается уравнением:

$$\rho = r + e(1 - \cos m\varphi), \tag{1}$$

где r – радиус вписанной в профиль окружности; e – эксцентриситет профиля (e = 0,5 h); m – число выступов; h – высота выступов профиля; φ – угловой параметр.

Из конструктивных и технологических соображений предпочтителен выпуклый профиль некруглой поверхности (кривизна в каждой точке контурной кривой положительна). При такой форме профиля

отсутствуют ограничения, например, на диаметр шлифовального круга. При наличии же вогнутых участков радиус круга не должен превышать радиус впадины профиля. Аналогичное ограничение возникает при упрочнении пластическим деформированием с помощью накатного ролика. Кроме того, при выпуклой форме в меньшем диапазоне изменяются углы режущей части резца, что улучшает условия резания. При измерении вогнутой формы профиля также возникают определенные трудности, так как требуется более сложный специальный мерительный инструмент.



а)

б)

Рис. 1. Параметры синусоидального профиля (а) и образец моментопередающего соединения (б)

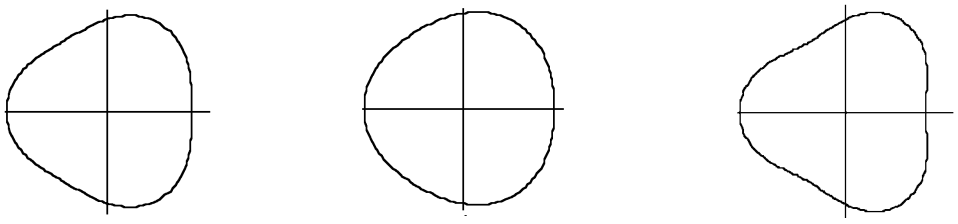
Кривизна синусоидальной кривой определяется зависимостью [3]:

$$K = \frac{(r_c - e\cos(m\alpha))^2 - 2\cdot(e\sin(m\alpha)m)^2 - (r_c - e\cos(m\alpha))(e\cos(m\alpha)m^2)}{((r_c - e\cos(m\alpha))^2 + (e\sin(m\alpha)m)^2)^{3/2}}, \quad (2)$$

а граничным условием для определения ее выпуклости или вогнутости является равенство:

$$\frac{e}{r_c} = \frac{1}{m^2+1}. \quad (3)$$

При выполнении условия (3) формируется выпуклый профиль, кривизна которого в наименее удаленных от центра точках равна нулю (рис. 2, а); при $\frac{e}{r_c} < \frac{1}{m^2+1}$ в каждой точке профиля обработанной поверхности кривизна положительна, т.е. он имеет выпуклую форму (рис. 2, б); при $\frac{e}{r_c} > \frac{1}{m^2+1}$ образуется выпукло-вогнутый профиль (рис. 2, в).



а) б) в)

Рис. 2. Форма синусоидальной кривой: а, б – выпуклая; в – выпукло-вогнутая

Таким образом, при заданных значениях числа выступов m и среднего радиуса r_c (среднего диаметра $D = 2r_c$) форма контурной кривой синусоидального профиля зависит от его эксцентриситета e. За счет соответствующей настройки этого параметра механизмом профилирования станка обработанная поверхность может иметь выпуклый или выпукло-вогнутый профиль.

Полученные данные позволяют управлять схемой формообразования некруглой поверхности для получения требуемой ее геометрии соответствующей настройкой обрабатывающей системой станка, что необходимо для практической реализации процесса обработки синусоидальных поверхностей.

Размер и форма профильного соединения, имеющего m граней, определяются параметрами $D = 2r_c$ и e. Для нормирования параметров D и e используется та же система посадок, что и для круглых цилиндрических соединений, при этом точность изготовления профильного вала на один квалитет выше, чем сопряженной с ним втулки [1].

Требования к точности выполнения параметров профильного соединения указываются в его условном обозначении, которое должно содержать данные о виде контурной кривой, количестве граней, среднем диаметре, двойном эксцентриситете профиля и точности выполнения параметров. Например, запись $CK-3-50H7/g6/3.6H8/f7$ обозначает трехгранное профильное соединение с синусоидальным профилем, средний диаметр которого D = 50 мм, а двойной эксцентриситет $2e$ = 3,6 мм, $H7/g6$ и $H8/f7$ определяют допуски соответственно на D и $2e$.

Значения D для профильных соединений должны соответствовать ряду диаметров круглых цилиндрических соединений. Величина e существующими нормативными документами однозначно не регламентируется. Например, в нормальном ряду соединений с РК-профилем, применяемом в ФРГ и Австрии, принято e/D = (0,031...0,045), причем отношение e/D возрастает при увеличении D.

Согласно ОСТ 92-4742-86 «Соединения профильные. Типы и размеры» нормальный ряд размеров основан на постоянстве величины $e = D/32$. В обоих случаях каждому значению D соответствует определенная величина e, что с технологической точки зрения неудобно из-за необходимости переналадки станка при любом изменении D. Поэтому из технологических соображений более предпочтителен принцип нормирования величины e, когда она постоянна при изменении параметра D в определенном диапазоне. Благодаря этому сокращается количество перенастроек станка и имеется возможность применения групповой технологии для обработки профильных деталей.

Формообразование синусоидального профиля. Профилирование синусоидальной поверхности, возможно методами копирования, следа, касания, обката и комбинированными методами, различающимися материальными носителями формы образуемой производящей линии, универсальностью и сложностью реализации.

Материальным носителем формы образуемой линии при методе копирования является инструмент, характеристический образ которого конгруэнтен либо всему формируемому профилю поверхности, либо одному из его конгруэнтных участков. Одновременное образование всего профиля связано с применением сложного по форме лезвийного или абразивного инструмента и практически целесообразно в основном при обработке некруглых отверстий в охватывающих деталях профильных соединений протягиванием.

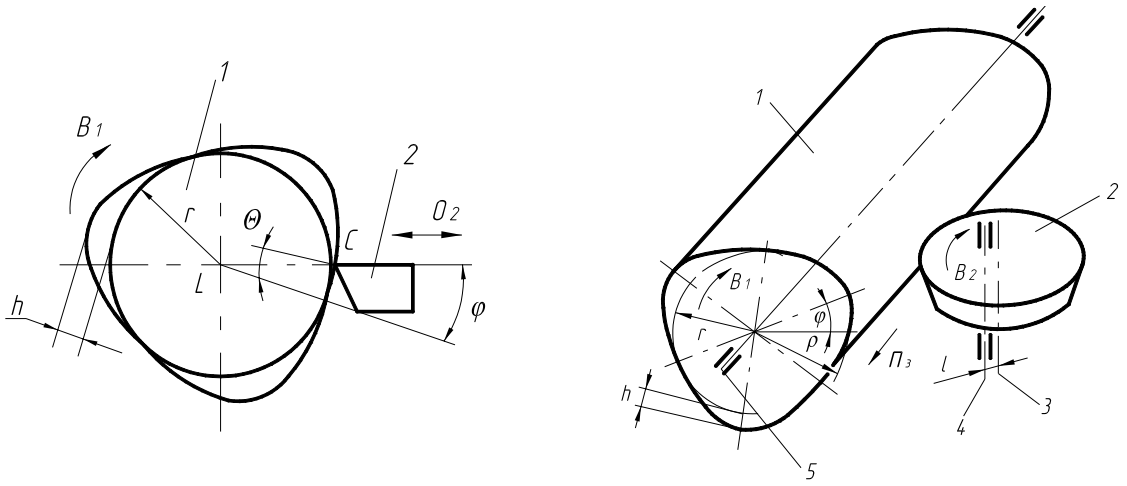
При методе следа образуемый профиль определяется кинематическим соотношением, геометрическими параметрами и относительным расположением траекторий элементарных движений, создающих движения формообразования. Во всех случаях кинематическое соотношение скоростей элементарных движений задается таким образом, чтобы вектор скорости результирующего движения был направлен по касательной к образуемой линии.

Как следует из (1), синусоидальный профиль может быть образован при сообщении производящей точке вращательного движения вокруг оси формируемой поверхности и согласованного с вращением возвратно-поступательного движения для изменения радиус-вектора ρ в зависимости от угла поворота φ, амплитуда которого равна высоте h выступов, а частота в m число раз больше частоты вращательного движения. В реальных схемах формообразования точением материальным носителем производящей точки является вершина *C* резца *2* (рис. 3, а), совершающего осциллирующее движение вдоль прямой, проходящей через ось вращательного движения. Последнее для упрощения реализации схемы обработки обычно сообщается заготовке. Материальным носителем образуемой линии в данном случае является кинематика станка, благодаря чему обеспечиваются широкие технологические возможности схемы обработки.

Таким образом, для обработки синусоидальной поверхности заготовка *1* совершает вращение B_1 (рис. 3, а), а резец *2* – связанное с ним возвратно-поступательное движение O_2 и подачу вдоль оси заготовки. Несложная в реализации кинематика формообразования позволяет при небольшом объеме производства и ремонте профильных соединений отказаться от применения специальных дорогостоящих станков. Например, данная схема обработки была реализована на токарно-затыловочном станке модели 1811 при изготовлении деталей профильных соединений типа вал – втулка и муфт модернизированного редуктора отбора мощности погрузчика ТО-18Б, у которого все шлицевые соединения и зубчатые муфты были заменены на синусоидальные при сохранении размеров подшипников и корпуса [3].

Следует отметить, что обусловленные возвратно-поступательным движением резца знакопеременные нагрузки в суппортной группе станка существенно ограничивают производительность обработки, поэтому для серийного изготовления деталей профильных моментопередающих соединений целесообразно использовать более производительные схемы формообразования.

Эффективным путем совершенствования схем формообразования является замена реверсивного движения вращательным [4], что позволяет применить для обработки профильных поверхностей ротационные инструменты, обладающие более высокой стойкостью, в частности, принудительно вращающиеся круглые резцы (рис. 3, б). В данном случае некруглая поверхность профилируется комбинированным методом – сочетанием методов следа и обката, а материальными носителями формы образуемой линии одновременно являются режущий инструмент и кинематика станка.



а) б)

Рис. 3. Схемы точения синусоидальных поверхностей:
а – проходным резцом; б – ротационным эксцентрично установленным резцом

Анализ схемы ротационного точения некруглых поверхностей. Схема формообразования (рис. 3, б) имеет упрощенную кинематику и конструкцию инструмента благодаря тому, что обработка некруглой поверхности осуществляется круглым резцом *2*, геометрическая ось *3* которого не совпадает с осью *4* его вращения. Указанные оси расположены параллельно друг другу с расстоянием $l = h/2$ между ними, где h – высота выступов некруглого профиля над вписанной в него окружностью.

Заготовке *1* и резцу *2* сообщаются вращательные движения соответственно B_1 и B_2 с частотами n_1 и n_2 вокруг скрещивающихся под прямым углом осей *5* и *4*. Частота вращения B_2 резца задается в m раз больше частоты вращения B_1 заготовки. Эксцентричная установка круглого резца и сообщение ему вращения с частотой, превышающей частоту вращения заготовки, отличают рассматриваемую схему обработки от традиционной схемы ротационного точения круглых поверхностей. Благодаря тому, что по сравнению с первой схемой из движения формообразования устранено реверсивное движение инструмента, исключены факторы, ограничивающие производительность обработки по динамическим условиям работы механизмов станка.

Ротационное точение позволяет обрабатывать некруглые цилиндрические и винтовые поверхности. Если отношение i частот вращений резца и заготовки равно числу выступов m, то достигается формообразование некруглой цилиндрической поверхности с прямолинейной образующей. При дробном значении i обработанная профильная поверхность является винтовой. Формообразование некруглой цилиндрической поверхности осуществляется движениями $Фv(B_1B_2)$ и $Фs(П_3)$, а некруглой винтовой поверхности $Фv(B_1B_2)$ и $Фs(П_3В_4)$, где B_4 – дополнительное вращение заготовки, обеспечивающее в сочетании с движением $П_3$ формирование винтовой направляющей некруглой поверхности.

При обработке некруглой поверхности по рассмотренной схеме вместо резца может также использоваться эксцентрично установленный круглый инструмент для поверхностно-пластического деформирования, например, ротационного выглаживания. Это позволяет по общей схеме формообразования на одном станке последовательно обрабатывать профильную поверхность ротационным точением и поверхностно-пластическим деформированием.

Вследствие эксцентричного расположения производящей окружности (круговой режущей кромки) относительно оси вращения резца радиус-вектор ρ образуемого профиля изменяется по зависимости:

$$\rho = r + l(1 - \cos\varphi_p), \tag{4}$$

где φ_p – угол поворота резца.

Поскольку $n_2/n_1 = m$, то $\varphi_p = m\varphi$, где φ – угол поворота заготовки, соответствующий углу φ_p поворота резца. Следовательно, образуемый профиль описывается уравнением, идентичным уравнению (1), т.е. является синусоидальным с m равномерно расположенными по окружности выступами, высота h которых равна $2l$.

Как следует из (4), образуемый профиль не зависит от радиуса резца R, который изменяется при переточке, что обеспечивает благодаря возможности многократной переточки высокую долговечность инструмента и позволяет применять различные по диаметру инструменты как одного, так и различного назначения, например, круглые резцы и ролики для поверхностно-пластического деформирования.

Вследствие того, что частота вращения резца в m раз больше частоты вращения заготовки, скорость резания, как показало исследование [5], направлена под небольшим углом к плоскости вращения резца, что затрудняет процесс обработки. Данный недостаток в большей степени проявляется с уменьшением диаметра заготовки и увеличением количества выступов профиля.

Для управления условиями резания при ротационном точении некруглых поверхностей с целью интенсификации процесса резания указанный угол можно регулировать геометрическим и кинематическим методами при настройке станка.

Геометрически управление обеспечивается заданием соответствующего угла η между осью *3* вращения инструмента *2* и осью *4* вращения заготовки (рис. 4), а кинематически – сочетанием направлений и отношения частот вращательных движений B_2 и B_1 резца и заготовки.

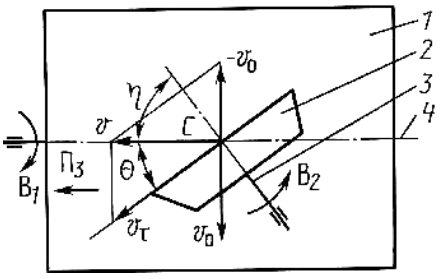


Рис. 4. Схема ротационного точения некруглой поверхности при скрещивающихся осях резца и заготовки

Если оси резца и заготовка скрещиваются под углом η, то, согласно рисунку 4, справедливы следующие зависимости, определяющие кинематические и геометрические параметры схемы обработки:

$$v = \sqrt{v_0^2 + v_\tau^2 - 2v_0 v_\tau \cos\eta}\,; \tag{5}$$

$$\gamma_0 / \sin\theta = \gamma / \sin\eta\,, \tag{6}$$

где v – скорость перемещения резца относительно некруглой поверхности в точке C их контакта; v_τ (v_0) – окружная скорость резца (заготовки) в точке C; θ – угол между направлением скорости резания и плоскостью вращения резца.

С учетом кинематического коэффициента $K_v = v_\tau / v_0$ из (5), (6) следует зависимость для определения угла между направлением результирующей скорости и передней поверхностью резца:

$$\theta = \arcsin\left(\frac{\sin\eta}{\sqrt{K_v^2 + 1 - 2K_v\cos\eta}}\right). \tag{7}$$

Анализ зависимости (7) показал, что угол θ имеет максимальное значение, если

$$\eta = 0{,}5\pi - \arcsin K_v\,. \tag{8}$$

В этом случае направления скоростей v и v_0 взаимно перпендикулярны, а скорость v в точке контакта направлена вдоль оси вращения заготовки, поэтому

$$\theta = \arcsin K_v\,. \tag{9}$$

Таким образом, для каждого конкретного случая обработки существует определенное значение угла η, при котором угол θ между направлением скорости резания и плоскостью вращения резца принимает максимальное значение, определяемое зависимостью (9). При этом скорости v_0 и v_τ должны быть направлены под острым углом друг к другу, что следует учитывать при настройке направлений вращений заготовки и резца.

Кинематический метод управления условиями резания состоит также в задании соотношения частот вращательных движений инструмента и заготовки, отличного от m, а именно: $n_2/n_1 = m/c$, где $1 < c \le m-1$ – целое число.

Данная зависимость обусловлена тем, что, во-первых, для обработки граней должно выполняться условие $1 < n_2/n_1 \le m$; во-вторых, чем ближе отношение n_2/n_1 к единице, тем выше при заданной скорости резания частота вращения заготовки и, следовательно, производительность.

В момент формирования вершины профиля $\varphi_p = \pi / c$; $\rho = R_0$, где R_0 – радиус окружности, описанной вокруг профиля. Следовательно, согласно (4) $R_0 = r + l\left(1 - \cos \pi / c\right)$. Поэтому эксцентриситет установки резца в данном случае настраивается по зависимости:

$$l = \frac{R_0 - r}{1 - \cos\left(\pi / c\right)}. \tag{10}$$

При данной схеме обработки максимальное значение угла между направлением скорости резания и плоскостью вращения резца имеет место при $c = m - 1$.

Скорость резания при ротационном точении некруглой поверхности переменна. Ее максимальное значение с учетом того, что $n_2 / n_1 = m / c$, составляет

$$v_{\max} \approx 2\pi n_1 \sqrt{\left(R + l\right)^2 \left(m / c\right)^2 + r^2}. \tag{11}$$

Поэтому частота вращения заготовки при заданной скорости резания v должна настраиваться в соответствии с зависимостью:

$$n_1 = \frac{0,5v}{\pi \sqrt{\left(R + l\right)^2 \left(m / c\right)^2 + r^2}}. \tag{12}$$

Широкие возможности кинематического управления условиями резания при обработке некруглых поверхностей эксцентрично установленным круглым резцом обеспечиваются при сообщении ему дополнительного вращения вокруг геометрической оси *3* (см. рис. 3, б) в направлении, противоположном его вращению вокруг эксцентричной оси *4*, участвующем в движении формообразования. В этом случае окружная скорость v_τ режущей кромки резца равна алгебраической сумме двух линейных скоростей, одна из которых обусловлена вращением резца вокруг его геометрической оси, а вторая – его вращением вокруг эксцентричной оси. Учитывая, что вращение резца вокруг геометрической оси не влияет на форму обработанной поверхности, его скорость может регулироваться в широком диапазоне так, чтобы обеспечить условия резания, соответствующие ротационному точению цилиндрических поверхностей принудительно вращающимся круглым резцом и тем самым оптимизировать процесс обработки. Из-за усложнения кинематики данная схема обработки может быть реализована только на станке с планетарным движением инструментального шпинделя [6].

Таким образом, ротационное точение эксцентрично установленным инструментом, обеспечивая, как и традиционное точение, осциллирующим резцом обработку некруглых поверхностей с синусоидальным профилем, улучшает за счет исключения реверсивного движения инструмента динамические условия работы станка, что способствует повышению производительности обработки.

Реализация схемы ротационного точения некруглых поверхностей. Для эффективной обработки некруглых поверхностей с периодически повторяющимся профилем предназначены специальные станки [2]. Высокая стоимость импортного оборудования ограничивает возможность его применения, что обусловливает актуальность создания собственных станков такого типа. При решении этой задачи следует учитывать, что возможны четыре типа компоновок станков для обработки некруглых поверхностей [7]:

1) с вращательным движением шпинделя изделия и осциллирующим или качательным движением инструмента;

2) с планетарным движением изделия;

3) с планетарным движением инструмента;

4) с вращательными движениями инструмента и изделия.

Станки последнего типа благодаря рациональной кинематике обладают широкими технологическими возможностями и высокой производительностью обработки, поэтому рекомендуются для промышленной реализации схем формообразования некруглых поверхностей. Решение этой задачи возможно по следующим направлениям:

- проектирование специального оборудования с необходимым инструментальным оснащением;
- расширение технологических возможностей близких по кинематической структуре универсальных станков за счет обеспечения необходимых параметров настройки и оснащения их сменными обрабатывающими модулями;
- создание специальных станков на базе универсальных.

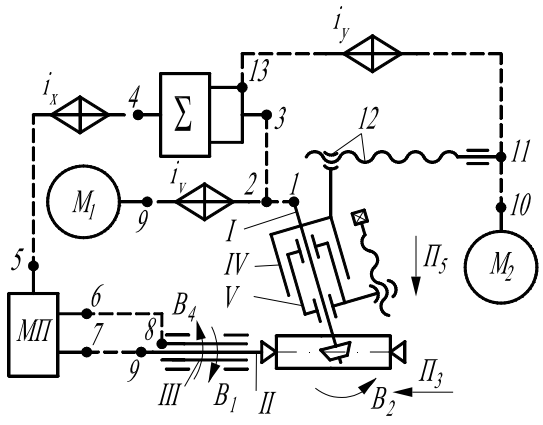


Рис. 5. Структурная схема станка модели ВС-50

Из отечественных станков данного типа для ротационного точения некруглых валов рекомендуется использовать широкоуниверсальный зубошлицефрезерный станок модели ВС-50 (рис. 5) производства Витебского станкостроительного завода «Вистан» [8], созданный при участии Полоцкого государственного университета.

Станок спроектирован по модульному принципу и оснащен комплектом сменных модулей для обработки различных поверхностей (зубчатых и червячных колес, шлицевых и некруглых валов, наружных и внутренних резьб, червяков, кулачковых, храповых муфт и других деталей с зубьями на торце и т.д.) соответствующими инструментами. Обработка некруглых поверхностей может осуществляться на станке резцовыми головками, эксцентрично установленными дисковыми и цилиндрическими фрезами, круглыми и винтовыми ротационными резцами и комбинированными инструментами с использованием соответствующих обрабатывающих модулей.

Станок имеет три шпинделя: шпиндель *I* для крепления режущего инструмента (в данном случае ротационного резца) и коаксиально расположенные шпиндели *II* и *III* для крепления заготовок, что в сочетании со сменными обрабатывающими модулями обеспечивает широкую универсальность станка по форме обрабатываемых поверхностей. Обрабатывающие модули устанавливаются на суппорте станка. Каждый модуль имеет инструментальный шпиндель, который при установке модуля соединяется со шпинделем *I* станка. Необходимый угол между осями инструментального шпинделя и шпинделя с заготовкой обеспечивается при настройке станка.

Инструментальный шпиндель *I* соединен со шпинделями *II* и *III* кинематической цепью внутренней связи, содержащей суммирующий механизм Σ, гитару деления i_x и переключающий механизм *МП*, связанный участками кинематической цепи 7 – 9 и 6 – 8 со шпинделями *II* и *III* соответственно. Настройкой гитары i_x обеспечивается требуемое согласование движений B_1 и B_2, образующих движение профилирования $\Phi_v(B_1B_2)$.

Внешний шпиндель *III* изделия используется в тех случаях, когда частота вращения заготовки существенно меньше частоты вращения инструмента (обработка зубчатых и червячных колес червячными фрезами, фрезерование наружных и внутренних резьб и т.д.). Внутренний шпиндель изделия *II* используется, если его частота больше частоты вращения инструментального шпинделя *I* (обработка червяков и крупных резьб долбяком), равна ей или превышает ее в небольшое число раз (обработка кулачковых муфт, некруглых валов и других деталей).

Кинематическая структура станка обеспечивает также простое $\Phi_s(П_3)$ движение подачи, необходимое при обработке некруглых цилиндрических поверхностей или винтовое движение подачи $\Phi_s(П_3B_4)$ при обработке некруглых винтовых поверхностей. Во втором случае для этого служит настраиваемая кинематическая цепь $12-11-i_y-13-\Sigma-4-i_x-5-МП-7-9$ или $12-11-i_y-13-\Sigma-4-i_x-5-МП-6-8$. Посредством гитары настройки i_y обеспечивается исходя из шага винтовой поверхности согласование движений $П_3$ и B_4 соответственно каретки *IV* и шпинделя *II*. Скорость движения подачи настраивается изменением частоты вращения двигателя M_2.

Обработка некруглых поверхностей производится круглым резцом или комбинированным инструментом, состоящим из дискового резца и установленного над ним многолезвийного инструмента, что повышает производительность [9]. Оба инструмента должны быть установлены с одинаковым эксцентриситетом l относительно оси вращения инструментального шпинделя. Интенсификация процесса обработки комбинированным инструментом обеспечивается благодаря тому, что срезание с заготовки слоя металла осуществляется предварительно многозубым инструментом, а ротационный резец окончательно формирует профильную поверхность, срезая тонкий слой металла.

Обработка комбинированным инструментом основана на совмещении процессов частичного и полного формообразования. Частичное формообразование обработанной поверхности обеспечивается многолезвийным инструментом, а ее полное формообразование вдоль траектории исполнительного движения – ротационным резцом с непрерывной режущей кромкой.

Наличие в бабке изделия двух коаксиально расположенных шпинделей снижает жёсткость шпиндельного узла при обработке с использованием внутреннего шпинделя. Поэтому при создании специаль-

ных станков для обработки шлицевых и некруглых валов с целью повышения жесткости шпиндельного узла рекомендуется вместо двух коаксиально расположенных шпинделей использовать один шпиндель изделия, но две кинематические цепи передачи ему вращения, в зависимости от типа обрабатываемой детали (некруглые или шлицевые валы) [10].

Выводы

1. Профилирование синусоидальной поверхности методами следа и обката обеспечивается двухэлементным формообразующим движением при сообщении производящему элементу осциллирующего или вращательного движения.

2. Управление процессом ротационного точения некруглых поверхностей для обеспечения благоприятных условий резания возможно кинематическим и геометрическим методами, которые реализуются настройкой станка и не связаны с усложнением его конструкции или конструкции инструмента.

3. Профиль синусоидальной поверхности, обработанной ротационным точением, не зависит от диаметра инструмента, что позволяет повысить его долговечность и обрабатывать ее последовательно различными по назначению и разными по диаметру инструментами по единой схеме формообразования.

4. Обработка синусоидальных поверхностей обеспечивается на универсальных станках при соответствующей их настройке и инструментальном обеспечении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тимченко, А.И. Процессы формообразования профильных поверхностей изделий с равноосным контуром: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.08 / А.И. Тимченко; Мосстанкин. – М., 1993. – 41 с.
2. Чарнко, Д.В. Профильные соединения валов и втулок в машиностроении / Д.В. Чарнко, А.И. Тимченко // Вестн. машиностроения. – 1981. – № 1. – С. 33 – 35.
3. Данилов, В.А. Анализ схем ротационного точения некруглых цилиндрических поверхностей / В.А. Данилов, А.Н. Селицкий // Вестн. Полоцк. гос. ун-та. Сер. С. Фундаментальные науки. – 2006. – № 10. – С. 146 – 157.
4. Данилов, В.А. Конструкторско-технологическое обеспечение применения профильных моментопередающих соединений в трансмиссиях машин / В.А. Данилов, А.И. Костюченко, С.В. Спиридонов // Машиностроение: сб. науч. тр. Вып. 17; под ред. И.П. Филонова. – Минск: Технопринт, 2001. – С. 209 – 214.
5. Данилов, В.А. Общие принципы синтеза рациональных технологий формообразования сложных поверхностей резанием / В.А. Данилов // Мир технологий. – 2003. – № 1. – С. 61 – 71.
6. Данилов, В.А. Формообразующая обработка сложных поверхностей резанием / В.А. Данилов. – Минск: Выш. шк., 1995. – 264 с.
7. Данилов, В.А. Станки для обработки профильных поверхностей, передающих момент / В.А. Данилов // Техника машиностроения. – 1998. – № 4. – С. 102 – 105.
8. Данилов, В.А. Новые технологии формообразования профильных и прерывистых поверхностей резанием / В.А. Данилов // Инженер-механик. – 2003. – № 3(20). – С. 26 – 31.
9. Данилов, В.А. Оборудование и инструмент для обработки некруглых валов / В.А. Данилов, А.И. Костюченко, А.Н. Селицкий // Материалы, технология и оборудование в производстве, эксплуатации, ремонте и модернизации машин: сб. науч. трудов VI междунар. науч.-техн. конф.: в 3-х т. / под общ. ред. П.А. Витязя, С.А. Астапчика. – Новополоцк: УО «ПГУ», 2007. – Т. II. – С. 63 – 66.
10. Селицкий, А.Н. Оборудование и инструмент для обработки некруглых валов / А.Н. Селицкий // Труды молодых специалистов Полоцк. гос. ун-та. – Новополоцк: УО «ПГУ», 2004. – Вып. 7. – С. 69 – 72.

Поступила 05.12.2007