

МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.91.04.

АНАЛИЗ И РЕАЛИЗАЦИЯ СХЕМ ОБРАБОТКИ ПРОФИЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ РОТАЦИОННЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Данилов В.А., Селицкий А.Н. (УО «Полоцкий государственный университет», г. Новополоцк, Беларусь)

Рассмотрены способы ротационного точения некруглых цилиндрических поверхностей при профилировании кинематическим, геометрическим и комбинированным методами. Дана характеристика особенностей процессов профилирования указанными методами при сообщении круглому резцу качательного движения и установки его под углом к оси вращения, при применении ротационных инструментов некруглой формы. Показаны технологические возможности и преимущества способа ротационного точения профильных поверхностей эксцентрично установленным круглым резцом. Описаны конструкция ротационного инструмента и структурная схема станка для реализации этого способа обработки.

Введение

Профильные моментопередающие соединения, обладающие по сравнению с традиционными шлицевыми и шпоночными соединениями более высокой усталостной прочностью и долговечностью, находят все более широкое применение в трансмиссиях и узлах различных машин, устройствах для крепления режущих и вспомогательных инструментов на металлорежущих станках и в других областях техники. Технико-экономические и эксплуатационные преимущества обуславливают целесообразность применения таких соединений в тяжелонагруженных трансмиссиях горных машин [1], что требует разработки эффективных методов механической обработки профильных деталей, режущих инструментов и станочного оборудования. Прогрессивным направлением в металлообработке является ротационное резание, обеспечивающее при более высокой стойкости инструмента повышение производительности обработки. В этой связи заслуживает внимания разработка эффективного метода ротационного точения профильных валов и средств его реализации.

Разработка эффективной технологии изготовления деталей профильных моментопередающих соединений связана с анализом известных способов ротационного точения некруглых поверхностей. Профилирование некруглой поверхности возможно кинематическим методом за счет сообщения инструменту согласованных движений, геометрическим методом при выполнении режущей кромки соответствующей формы и комбинированным методом. Принятый способ формообразования служит основой для проектирования режущего инструмента и станка. Ниже рассмотрены некоторые аспекты решения этих задач.

Анализ способов ротационного точения профильных цилиндрических поверхностей

Кинематический метод профилирования некруглой цилиндрической поверхности реализуется при сообщении ротационному резцу качательного движения [2] (рисунок 1). Обработка осуществляется ротационным резцом 2 с круговой режущей кром-

Резец 2 радиусом r устанавливают на постоянном расстоянии $l = const$ от оси вращения заготовки и под углом Θ к ней. Для формирования некруглого профиля ему сообщают качательное движение v_k , изменяющее угол наклона Θ_1 оси резца к оси заготовки. На рисунке 1 сплошной линией показано начальное положение заготовки 1 и инструмента 2, оси которых скрещиваются под углом $\Theta_1 = \Theta_{max}$. В этом положении радиус обработанной поверхности имеет максимальное значение ρ_{max} . В процессе обработки радиус профиля формируемой поверхности уменьшается до минимального значения ρ_{min} , при котором резец занимает положение 3, а заготовка – 4, и их оси скрещиваются под углом Θ_2 . Таким образом, за время одного оборота заготовки угол качания резца Θ_i изменяется от Θ_1 до Θ_2 , благодаря чему и обеспечивается формирование некруглого профиля.

Из рисунка 1 имеем:

$$\cos \Theta_1 = \frac{FO}{KO}, \quad KO = r, \quad FO = FM + MO = f(\varphi) + c,$$

где $f(\varphi)$ – функциональная зависимость, описывающая изменение радиуса профиля от угла поворота заготовки;

c – минимальное расстояние от центра инструмента до прямолинейной образующей формируемой поверхности.

Следовательно,

$$\Theta_i = \arccos \frac{c + f(\varphi)}{r}. \tag{1}$$

Необходимость в сообщении колебательного движения S_0 заготовке или инструменту обусловлена тем, что при качании инструмента его точка касания N с образующей формируемой поверхности смещается в продольном направлении в точку K . Для устранения смещения инструмент необходимо вернуть в точку L , что обеспечивается за счет осевых колебаний S_0 с амплитудой:

$$B = KL = FL - KF, \tag{2}$$

где $FL = \sin \Theta_1 \cdot r$;

$KL = \sin \Theta_2 \cdot r$.

Тогда

$$B = r(\sin \Theta_{max} - \sin \Theta_i). \tag{3}$$

Для формирования некруглой поверхности с N – гранным профилем колебательные движения S_0 и v_k выполняются синхронно, при этом частота обоих колебаний должна быть в N раз больше частоты вращения заготовки ω_1 , что обеспечивается при настройке станка. Необходимость выполнения двух качательных движений, сообщаемых исполнительным органам станка, существенно ограничивает производительность обработки из-за неблагоприятных динамических условий работы станка.

ГОРНАЯ МЕХАНИКА И МАШИНОСТРОЕНИЕ № 4, 2012

Известный *геометрический способ* формирования некруглых поверхностей основан на установке круговой режущей кромки под непрямым углом к оси вращения резца [3]. Он позволяет обрабатывать цилиндрические поверхности различного профиля в зависимости от соотношения угловых скоростей резца и заготовки. Обработку осуществляют круглым резцом, режущую кромку которого устанавливают под углом к его оси вращения, не равным 90° .

На рисунке 2 показано положение инструмента 1 и заготовки 2 в середине и в конце цикла формирования некруглого профиля и профили поперечных сечений обработанной поверхности, соответствующие различным соотношениям угловых скоростей вращения заготовки и резца. Если угловые скорости заготовки и резца равны (рисунок 2а, б), то формируется цилиндрическая поверхность, эксцентрично расположенная относительно оси вращения заготовки. Профилирование начинается в момент касания наиболее удаленной от оси вращения заготовки точки круговой режущей кромки с формируемой поверхностью (точка А). За половину оборота заготовки (рисунок 2а) резец совершит также половину оборота и врежется в заготовку на максимальную величину δ (точка В). При дальнейшем вращении заготовки и резца режущая кромка удаляется от оси вращения заготовки, и цикл формирования профиля закончится при повороте заготовки и резца на 360° .

Далее циклы профилирования повторяются по мере перемещения резца вдоль заготовки. В результате образуется эксцентричная поверхность с величиной эксцентриситета δ , определяемой расстоянием между наиболее удаленной и приближенной по отношению к линии центров точки режущей кромки.

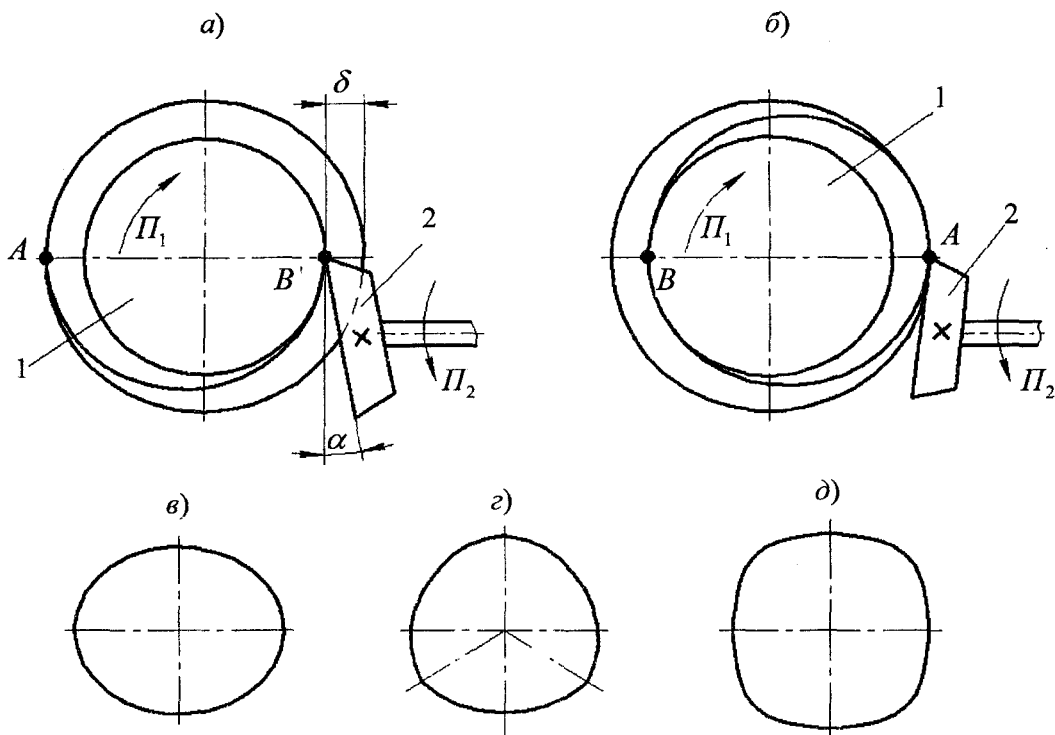
Если частота вращения резца вдвое больше, чем заготовки ($\frac{n_2}{n_1} = 2$), то образуется эллипсный профиль (рисунок 2в). При $\frac{n_2}{n_1} = 3$ профиль имеет трехгранную (рисунок 2г), а при $\frac{n_2}{n_1} = 4$ – четырехгранную форму (рисунок 2д) и т.д. В общем случае

$\frac{n_2}{n_1} = K$, где K – целое число, равное числу граней. Высота выступов над вписанной в профиль окружностью регулируется за счет изменения угла наклона α плоскости режущей кромки к оси вращения резца.

Для обработки некруглой поверхности с винтовыми образующими необходимо, чтобы за 1 оборот заготовки режущая кромка не доходила до точки А (если винтовая поверхность правая) или переходила ее (левая винтовая поверхность). В этом случае

$\frac{n_2}{n_1} = K \frac{1}{R}$, где целая часть дроби (K) определяет число граней, а дробная часть ($\frac{1}{R}$) – угол подъема и направление винтовой линии. При $\frac{1}{R} > 0,5$ образуется правая винтовая линия, при $\frac{1}{R} < 0,5$ – левая винтовая линия.

Достоинством этого способа по сравнению с предыдущим является отсутствие реверсивных движений инструмента относительно заготовки, что позволяет повысить производительность обработки. Недостатком рассмотренных способов ротационного точения является существенное изменение рабочих углов режущей части, отрицательно влияющее на условия стружкообразования, динамику процесса резания и производительность обработки.



а, б – схема профилирования; в-д – форма профилей
Рисунок 2 – Схема ротационного точения профильной поверхности наклоненным к оси вращения круглым резцом

В меньшей степени отмеченный недостаток проявляется при обработке некруглых поверхностей инструментом, режущая кромка которого имеет полигональную форму в плоскости, перпендикулярной оси его вращения [4]. Ось вращения инструмента 1 (рисунок 3) перпендикулярна оси вращения заготовки 2. Для профилирования некруглой цилиндрической поверхности инструменту сообщают гармоническое поперечное движение, согласованное с вращением заготовки, и продольную подачу. В данном случае профиль поверхности образуется комбинированным методом.

Линейную скорость вращения инструмента v_2 задают, как минимум, на порядок больше линейной скорости вращения заготовки v_1 , а продольную подачу $S_{пр}$ – по следующей зависимости:

$$S_{пр} > \frac{2e \cdot n_1}{N \cdot n_2}, \tag{4}$$

- где e – эксцентриситет профиля инструмента;
- n_1 – частота вращения обрабатываемой детали;
- n_2 – частота вращения резца;
- N – количество граней профиля резца.

Основное направление деформации стружки происходит вдоль режущей кромки резца, при этом суммарная подача на грань профиля резца:

$$S_{пр} = S_k + \frac{S_{пр}}{N}, \tag{5}$$

где S_k – конструктивная подача, обусловленная параметрами контурной кривой полигональной кромки;

$S_{\text{пр}}$ – продольная подача резца на оборот обрабатываемого вала;

N – количество граней профиля резца.

$$S_k = \rho_{\max} - \rho_{\min} = (\rho_{\text{ср}} + e) - (\rho_{\text{ср}} - e) = 2e, \quad (6)$$

где ρ_{\max} , ρ_{\min} и $\rho_{\text{ср}}$ – соответственно максимальный, минимальный и средний радиус-векторы профиля резца;

e – эксцентриситет профиля резца.

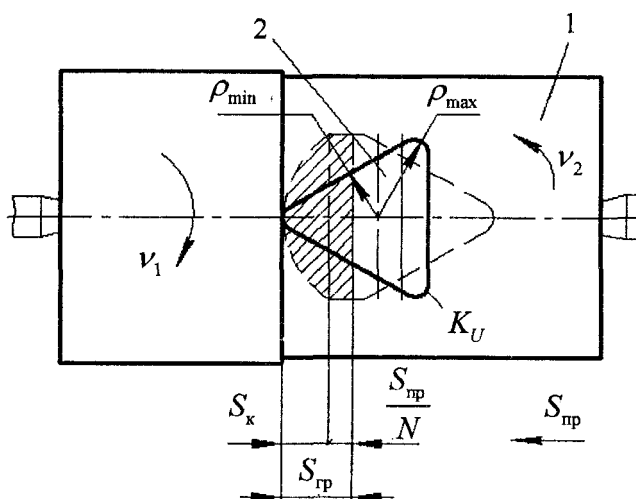


Рисунок 3 – Схема обработки некруглой цилиндрической поверхности вращающимся резцом с полигональной формой режущей кромки

Резание за счет конструктивной подачи происходит на участке профиля с возрастающим радиус-вектором. Для того чтобы обеспечить резание на участках с уменьшающимся радиус-вектором необходимо, чтобы

$$S_{\text{пр}} > \frac{S_k \cdot n_1}{N n_2}, \quad (7)$$

или

$$S_{\text{пр}} > \frac{2e \cdot n_1}{N n_2} \quad (8)$$

где n_1 (n_2) – частота вращения заготовки (инструмента).

Схема обеспечивает формирование профиля с равноосным контуром (РК-профиль). Ее недостатком является наличие гармонических колебаний инструмента в радиальном направлении, что ограничивает производительность обработки.

Отмеченный недостаток устранен в способе ротационного точения некруглых цилиндрических поверхностей эксцентрично установленным круглым резцом [5]. Заготовке 1 (рисунок 4) и круглому резцу 2 радиусом R сообщаются вращательные движения соответственно ω_1 и ω_2 с частотами n_1 и n_2 вокруг скрещивающихся под прямым углом осей L_1 и L_2 . Геометрическая ось 3 резца параллельна оси его вращения L_2 и отстоит от нее на величину эксцентриситета $e = h/2$, где h – высота выступов некруглого профиля над вписанной в него окружностью радиусом r . Если отношение i

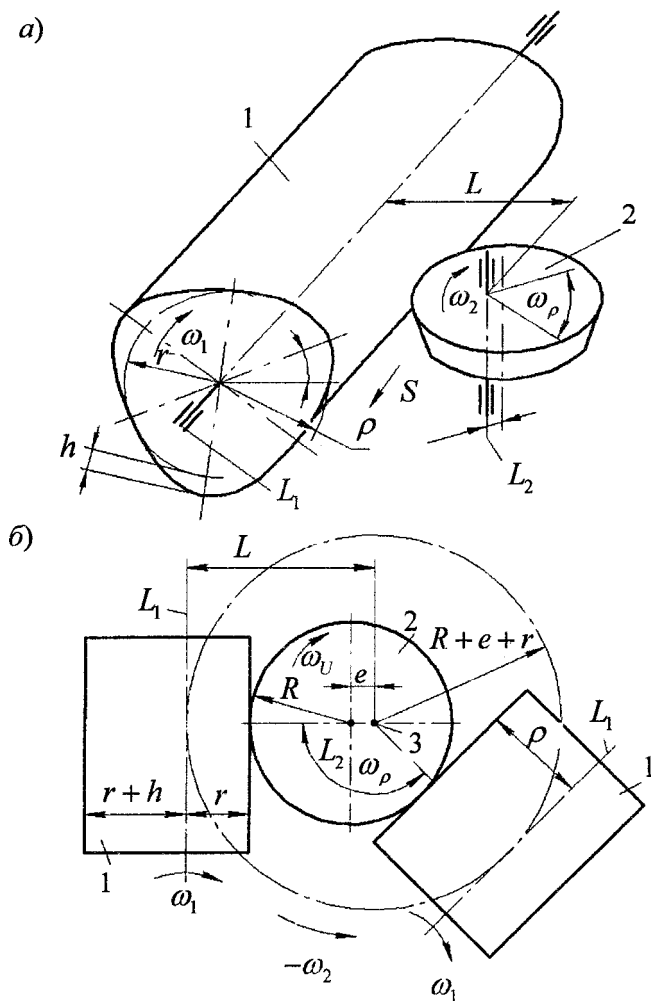
частот вращений резца и заготовки равно числу выступов m , то достигается формообразование некруглой цилиндрической поверхности с прямолинейной образующей. При дробном значении i множество положений любой точки режущей кромки при ее угловом параметре, равном $2\pi \cdot n$, принадлежит цилиндрической винтовой линии, радиус которой зависит от выбора точки на режущей кромке.

Радиус-вектор ρ профиля непрерывно изменяется по зависимости:

$$\rho = r + \Delta\rho, \tag{9}$$

где r – радиус вписанной в профиль окружности;

$\Delta\rho$ – приращение радиус-вектора профиля, обусловленное изменением расстояния между осью L_1 и режущей кромкой.



a – кинематическая схема обработки; *b* – схема профилирования поверхности
Рисунок 4 – Схема обработки некруглой поверхности эксцентрично установленным круглым резцом

Огибающая положений оси L_1 в ее вращательном движении вокруг оси L_2 представляет собой окружность радиусом $R + e + r$, а прямолинейная образующая формируемой криволинейной поверхности при любом значении φ_ρ касательна к круговой режущей кромке. Тогда, из рисунка 4б:

$$R + \rho = R + e + r + e \cos(\pi - \varphi_\rho), \quad (10)$$

$$\rho = r + e(1 - \cos \varphi_\rho). \quad (11)$$

Поскольку $n_2/n_1 = m$, то $\varphi_\rho = m\varphi$, где φ – угол поворота заготовки, соответствующий углу φ_ρ поворота резца. Следовательно, образуемый профиль описывается уравнением:

$$\rho = r + e(1 - \cos m\varphi) \quad (12)$$

или

$$\rho = R_0 - e(1 + \cos m\varphi), \quad (13)$$

где R_0 – максимальный радиус формируемого профиля.

Так как средний радиус некруглого профиля r_c определяется по зависимости $r_c = r + e$, то формула (12) примет вид:

$$\rho = r_c - e \cos m\varphi. \quad (14)$$

Таким образом, образуемый профиль является синусоидальным (синоидным) с m равномерно расположенными по окружности выступами, высота h которых равна $2e$. Величина e влияет на кривизну профиля, который может быть выпуклым или вогнутым. образуемый профиль не зависит от радиуса резца, который изменяется при переточке, что имеет практическое значение.

Анализ геометрии профиля некруглой поверхности, образованной эксцентрично установленным круглым резцом [6] показал, что граничным условием для определения выпуклости или вогнутости формируемого некруглого профиля является выражение:

$$\frac{e}{r_c} = \frac{1}{m^2 + 1}. \quad (15)$$

При значении $\frac{e}{r_c} > \frac{1}{m^2 + 1}$ профиль вогнутый, а при $\frac{e}{r_c} < \frac{1}{m^2 + 1}$ – выпуклый. Если же $\frac{e}{r_c} = \frac{1}{m^2 + 1}$, то его кривизна равна нулю. Зависимость (15) позволяет управлять схемой формообразования для получения профиля требуемой геометрии, что необходимо для практической реализации ротационного точения некруглых поверхностей.

Анализ представленных схем формообразования показывает их достоинства и недостатки:

- обработка ротационным резцом, совершающим качательные и осевые колебания, характеризуется нестабильностью условий резания, обеспечивает относительно низкую производительность из-за переменных по направлению движений инструмента и реализуется на станках со сложной кинематикой;

- схема обработка некруглых валов наклоненным к своей оси вращения круглым резцом позволяет упростить кинематику станка, но также характеризуется нестабильностью рабочих углов режущей части инструмента;

- применение ротационных резцов с полигональной формой режущей кромки позволяет улучшить условия резания, обрабатывать некруглые поверхности с равновесным контуром, но не обеспечивает высокую производительность из-за гармонических перемещений резца в радиальном направлении;

- схема обработка некруглых валов эксцентрично установленным круглым ротационным резцом имеет широкие технологические возможности по форме обработанных поверхностей, отличается простотой реализации и обеспечивает повышение производительности обработки за счет улучшения условий резания и отсутствия реверсивных движений инструмента.

В связи с этим из рассмотренных способов обработки некруглых цилиндрических поверхностей определенные преимущества имеет способ ротационного точения эксцентрично установленным круглым резцом. Он может быть реализован на универсальных металлорежущих станках, например на широкоуниверсальном зубошлипцефрезорном станке модели ВС-50 производства Витебского станкостроительного завода «Вистан» и на специальных станках соответствующим режущим инструментом. Ниже рассмотрены средства реализации этого способа обработки.

Режущий инструмент для обработки некруглых цилиндрических поверхностей

Конструкция режущего инструмента для ротационного точения некруглых цилиндрических поверхностей эксцентрично установленным круглым резцом показана на рисунке 5. На оправке 1 установлена сменная переходная втулка 2, а на нее – круглый резец 3. Для фиксации положения резца 3 и втулки 2 относительно оправки 1 служит элемент, выполненный, например, в виде призматической шпонки 4. Крепление резца 3 на оправке 1 обеспечивается гайкой 5. Оправка 1 крепится неподвижно в шпинделе 6 станка.

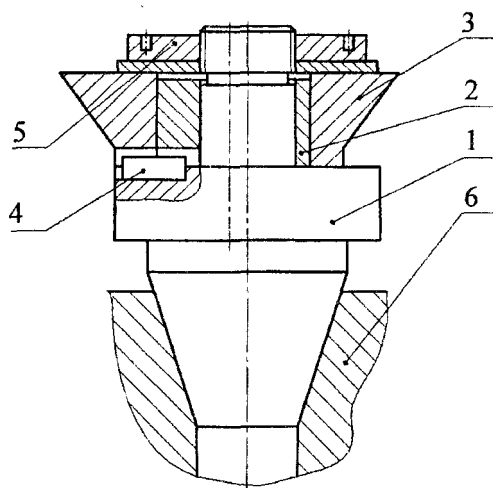


Рисунок 5 – Ротационный инструмент с эксцентрично установленным круглым резцом для ротационного точения некруглых поверхностей

Для обеспечения возможности формирования некруглых цилиндрических поверхностей, например некруглых валов профильных моментопередающих соединений, наружная поверхность переходной втулки 2 расположена эксцентрично относительно ее внутренней поверхности. В этом случае геометрическая ось круглого резца 3 не совпадает с осью оправки 1. Поэтому при вращении оправки совместно со шпинделем 6 станка непрерывно изменяется расстояние от оси вращения до круговой режущей кромки резца 3, благодаря чему обеспечивается обработка некруглой поверхности.

Применением переходных втулок с различной эксцентricностью расположения наружной и внутренней поверхности обеспечивается широкая универсальность инструмента по форме обрабатываемых поверхностей. Наличие элемента (шпонка 4) для фиксации углового положения относительно оправки 1 одновременно круглого резца 3 и переходной втулки 2 обеспечивает надежность ротационного инструмента.

Станок для точения профильных деталей

На рисунке 6 представлена структурная схема специального станка для ротационного точения профильных деталей.

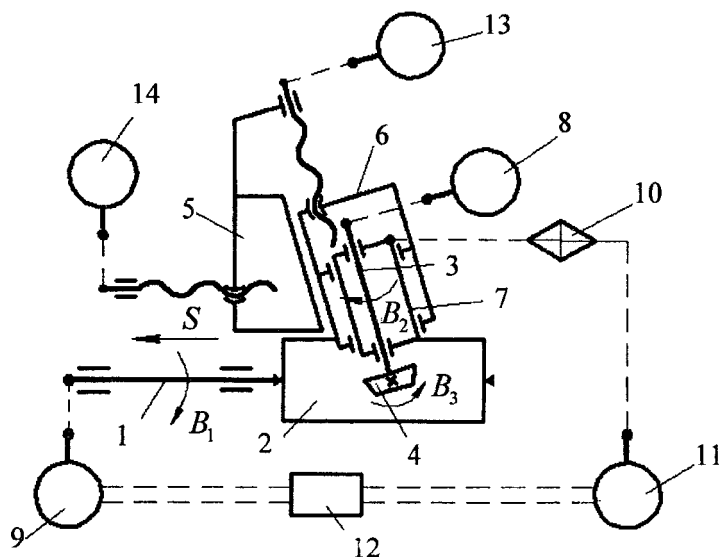


Рисунок 6 – Структурная схема станка для точения профильных деталей

Станок имеет следующие исполнительные органы: шпиндель 1, несущий обрабатываемое изделие 2; инструментальный шпиндель 3 с неподвижно закрепленным на нем круглым ротационным резцом 4; продольный 5 и поперечный 6 суппорты и установленную на поперечном суппорте 6 обойму 7.

Инструментальный шпиндель 3 установлен в обойме 7 эксцентricно с возможностью вращения и настройки требуемого значения эксцентricитета – расстояния между осями вращения обоймы и инструментального шпинделя. Инструментальный шпиндель снабжен индивидуальным регулируемым двигателем 8.

Шпиндель 1 соединен с регулируемым синхронным электродвигателем 9, а обойма 7 кинематически связана через механический орган настройки (например, гитару сменных зубчатых колес) 10 с регулируемым синхронным электродвигателем 11.

Электродвигатели 9 и 10 подключены к общему источнику питания 12 (регулируемому преобразователю частоты переменного тока). Благодаря тому, что оба электродвигателя – синхронные, обеспечивается синхронизация вращательных движений шпинделя 1 и обоймы 7.

Поперечный суппорт 6 снабжен приводом 13 его перемещения и установлен на продольном суппорте 6, снабженным приводом 14 его перемещения.

Благодаря особенностям конструкции станок может работать в трех режимах: точение профильных деталей с криволинейными продольными сечениями, точение профильных деталей с криволинейными поперечными сечениями, имеющими равномерно расположенные выступы, точение круглых цилиндрических деталей.

При точении деталей с криволинейными продольными сечениями на инструментальном шпинделе 3 закрепляется некруглый дисковый резец 4, ось вращения инструментального шпинделя совмещается с осью вращения обоймы 7, и он жестко фиксируется относительно обоймы, а привод 8 отключается. Посредством привода 13 устанавливается необходимое расстояние между осями вращений шпинделя 1 и обоймы 7. Орган 10 настраивается так, чтобы осуществлялось качение дискового резца вдоль оси вращения шпинделя 1.

В процессе обработки шпиндель 1 с изделием 2 получает от двигателя 9 вращательное движение V_1 со скоростью резания, а обойма 7 совместно с инструментальным шпинделем 3 и резцом 4 получает вращательное движение V_2 от двигателя 11. Одновременно от привода 14 сообщается движение подачи S продольному суппорту 5. В результате осуществления указанных движений обеспечивается обработка детали с криволинейным продольным сечением, форма которого определяется формой режущей кромки дискового резца.

Точение профильных деталей с криволинейными поперечными сечениями, имеющими равномерно расположенные выступы, осуществляется круглым дисковым резцом. Для обработки различных деталей используется один резец, что повышает универсальность станка.

В этом случае инструментальный шпиндель устанавливается в обойме 5 с эксцентриситетом, величина которого задается в два раза меньше высоты выступов у обработанной детали. Орган 10 настраивается так, чтобы отношение частот вращения обоймы 7 и шпинделя 1 было равно количеству выступов. Таким образом, при обработке таких поверхностей обойма 7 с резцом 4 вращаются в несколько раз быстрее изделия 2, поэтому обработка профильных деталей возможна только в ограниченном диапазоне их диаметров в зависимости от отношения окружных скоростей резца и заготовки.

При сообщении инструментальному шпинделю 3 с резцом 4 от привода 8 вращательного движения V_3 , противоположного по направлению вращению V_2 , окружная скорость резца 4 не зависит от частоты движения V_2 и поэтому может быть настроена оптимальной при любой форме обработанной поверхности, что обеспечивает благоприятные условия резания. Благодаря этому существенно расширяются технологические возможности, и повышается производительность станка.

Выводы

В результате анализа известных способов ротационного точения некруглых цилиндрических поверхностей установлено, что их профилирование возможно кинематическим, геометрическим и комбинированным методами, влияющими на конструкцию режущего инструмента и станка. Указанные методы профилирования некруглых поверхностей реализуются соответственно при сообщении круглому резцу качательного движения, установки его под углом к оси вращения и при применении ротационных инструментов некруглой формы. Наличие возвратно-поступательных движений в рассмотренных схемах профилирования отрицательно влияет на условия резания и производительность обработки, что обуславливает преимущества способов обработки без реверсивных движений. К ним относится рассмотренный способ ротационного точения синусоидальных поверхностей эксцентрично установленным круглым резцом. Описаны конструкция режущего инструмента и структурная схема станка для осуществления этого способа обработки. Способ реализуется также на универсальных станках отечественного производства.

Список использованных источников

1. Данилов, В.А. Научно-техническое обеспечение применения профильных моментопередающих соединений в горных машинах и оборудовании / В.А. Данилов, В.Я. Прушак // Горная механика. – 2009. – № 2. – С. 5-13.
2. Способ обработки некруглых деталей с N гранями: а.с. 1009612 СССР, МКИ5 В 23В 1/00 / В.Г. Евтухов, А.В. Гришкевич, И.Л. Цымбал; Харьковский ордена Ленина политехн. ин-т. им. В.И. Ленина – № 3331635/25-08; заявл. 17.08.81; опубл. 07.04.83 // Бюл. – № 13.
3. Способ обработки тел вращения некруглого сечения: а.с. 665982 СССР, МКИ5 В 23В 1/00, В 23В 5/44 / В.И. Ходырев, А.Н. Анохин, А.С. Тарапанов; Могилевский машиностроительный ин-т. – № 2555850/25-08; заявл. 16.12.77; опубл. 05.06.79 // Бюл. – № 21.
4. Способ лезвийной обработки валов с профилем «Равноосный контур»: а.с. 1126375 СССР, МКИ5 В 23В 1/00 / Э.В. Рыжов, Н.С. Индаков, Э.А. Петровский, О.П. Конных, А.И. Петровская; Ордена Трудового Красного Знамени ин-т. сверхтвёрдых материалов АН УССР и Красноярский политехн. ин-т. – № 3526472/25-08; заявл. 11.01.83; опубл. 30.11.87 // Бюл. – № 44.
5. Способ точения сложных поверхностей: а.с. 982845 СССР МКИ5 В 23В 1/00, В 23В 5/44 / В.А. Данилов; Новопол. политехн. ин-т. – № 2872050/25-08; заявл. 21.01.80; опубл. 23.12.82 // Бюл. – № 47.
6. Данилов, В.А. Анализ схемы ротационного точения некруглых цилиндрических поверхностей / В.А. Данилов, А.Н. Селицкий // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С. Фундаментальные науки. – 2006. – № 10. – С. 146-157.
7. Ротационный инструмент: пат. 4541 Респ. Беларусь, МПК(2006) В 23В 27/00, В 23В 5/00 / В.А. Данилов, А.Н. Селицкий; заявитель Полоц. гос. ун-т. – № u 20080005; заявл. 01.08.2008; опубл. 30.08.2008 // Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. – 2008.
8. Станок для точения профильных деталей: пат. 4540 Респ. Беларусь, МПК(2006) В 23В 5/00 / В.А. Данилов, А.Н. Селицкий; заявитель Полоц. гос. ун-т. – № u 20080004; заявл. 2008.01.08; опубл. 30.08.2008 // Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. – 2008.

Danilov V.A., Selitski A.N.

Analysis and implementation of machining patterns of the profile cylindrical surfaces using rotation instrument

Reviewed the methods of longitudinal turning of the nonround cylindrical surfaces while profiling by cinematic, geometric and mixed methods. Defined the profiling process features using the specified methods while transmitting swinging motion to the round tool and its angle setting to the axis of rotation, on application of rotation nonround instruments. Engineering capabilities and advantages of the profile surfaces longitudinal turning method by means of circular form tool set out of centre are presented. Described design of the rotary instrument and functional chart of the machine for implementation of this processing technique.

Поступила в редакцию 02.11.12 г.