

В.А.Данилов, канд. техн. наук
(Новополоцкий политехн. ин-т),
М.В.Бажин, инженер
(Новополоцкий политехн. ин-т)

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ НЕКРУГЛЫХ ВАЛОВ НА УНИВЕРСАЛЬНЫХ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ

Некруглые валы применяются в профильных бесшпоночных соединениях, используемых для передачи крутящего момента или в качестве направляющих [1]. Такие соединения по сравнению с другими аналогичного назначения в ряде случаев имеют преимущества как в изготовлении, так и в эксплуатации [2]. Более широкое применение бесшпоночных соединений сдерживается из-за недостатка в специальных станках для их изготовления, поэтому практическое значение имеет использование для этой цели универсальных станков.

Формообразование некруглого профиля при механической обработке возможно посредством копиров, кинематической настройки, механизмов-построителей, фасонного инструмента и комбинированными методами. На универсальных станках наиболее просто реализуются первые два метода.

Применительно к точению обработка по копиру легко осуществляется на токарно-затыловочных станках. Для этого затыловочный кулачок заменяется соответствующим обрабатываемому профилю копиром, по которому возможна обработка как валов, так и сопряженных с ними втулок.

Метод кинематической настройки, основанный на сообщении инструменту и заготовке вращательных движений, характеризуется отсутствием инерционных нагрузок, универсальностью и простотой реализации, не требующей во многих случаях даже модернизации станка. Ниже описаны варианты обработки различными инструментами некруглых валов на резьбофрезерных станках, имеющих настраиваемую кинематическую цепь между инструментальным шпинделем и шпинделем, несущим обрабатываемое изделие (например, станок модели 561).

На рис. 1 изображен вариант обработки на станке модели 561 некруглого вала 1 резцовой головкой 2 с равномерно расположенными резцами 3. Валу и головке сообщаются одинаково направленные взаимосвязанные вращательные движения вокруг параллельных или скрещивающихся осей соответственно с угло-

выми скоростями ω_1 и ω_2 , а головке также продольное движение подачи s .

При параллельных осях вала и головки обрабатываемый профиль в системе координат с началом на оси вала описывается уравнениями:

$$\begin{aligned} x &= (r + R) \cos \omega_1 t - R \cos(\omega_2 - \omega_1)t; \\ y &= (r + R) \sin \omega_1 t + R \sin(\omega_2 - \omega_1)t, \end{aligned} \quad (1)$$

где r – радиус вписанной в поперечное сечение вала окружности; R – радиус режущей головки; t – время.

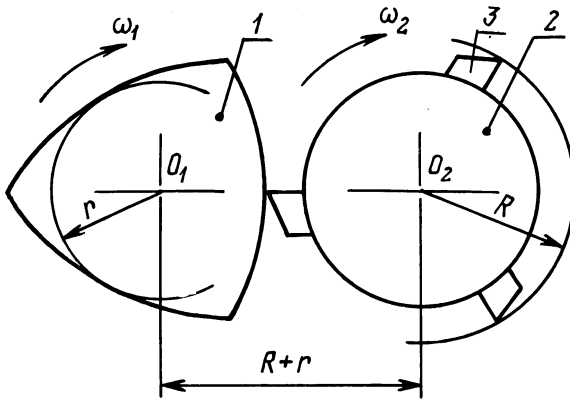


Рис. 1. Схема обработки многогранных валов режущей головкой.

Обработанный вал в данном случае имеет многогранную форму. Отношение i угловых скоростей ω_2 и ω_1 настраивается на станке, исходя из заданного профиля граней.

Из уравнений (1) следует, что формообразование вала с практически плоскими гранями возможно, если

$$i = \frac{\omega_2}{\omega_1} = 1 + \sqrt{1 + \frac{r}{R}}. \quad (2)$$

При больших значениях i грани имеют вогнутую форму, а при меньших – выпуклую. Например, при $i = 1$ они спрофилированы по окружности с радиусом $\rho = r + R$, а при $i = 2$ – по эллипсу, малая и большая полуоси которого равны соответственно r и $r + 2R$.

В последнем примере (при увеличении R) грани вала приближаются к плоским, и при заданном отклонении $[\Delta]$ профиля

границы от плоскости значения радиуса резцовой головки должны удовлетворять условию

$$R \geq r \left(\frac{b}{4\sqrt{2}[\Delta]r} - 0,5 \right), \quad (3)$$

где b – ширина грани.

Коррекция обрабатываемого профиля, описываемого уравнениями (1), достигается при скрещивающихся и пересекающихся осях изделия и головки, причем при скрещивающихся осях кривизна выпуклых граней уменьшается, а при пересекающихся – увеличивается.

Рассматриваемый вариант позволяет обрабатывать многогранные валы с прямыми и винтовыми ребрами. В первом случае должно соблюдаться условие

$$i = \frac{m}{pz}, \quad (4)$$

где m – число граней; z – число резцов у головки; p – целое число, задающее последовательность обработки граней и показывающее, через сколько граней осуществляется обработка изделия соседними резцами головки. Например, при $p = 1$ грани обрабатываются последовательно, а при $p = 2$ – через две (т.е. если первый резец головки обрабатывает первую грань, то второй резец – третью и т. д.). Изменяя последовательность обработки граней, одним инструментом можно обрабатывать грани различной формы, что обеспечивает универсальность инструмента. Следовательно, инструмент должен оснащаться z резцами, исходя из зависимости

$$z = \frac{m}{pi}. \quad (5)$$

При обработке винтовых граней с шагом t

$$i = \frac{m}{pz \left(1 \pm \frac{s}{t} \right)}, \quad (6)$$

где s – подача головки за один оборот обрабатываемого вала. Знак плюс соответствует обработке винтовых граней, закрученных в направлении, противоположном вращению заготовки, а минус – по направлению ее вращения. В этом случае количество резцов у головки составит

$$z = \frac{m}{ip \left(1 + \frac{s}{t} \right)}. \quad (7)$$

При настройке станка частота вращения шпинделя с изделием задается по формуле

$$n_1 = \frac{v}{\pi(d + D_i)}, \quad (8)$$

где v – скорость резания, м/с; d – диаметр заготовки, м; D – диаметр режущей головки, м.

Технологические возможности кинематического профилирования существенно расширяются при использовании инструмента специальной формы. На рис. 2 изображен вариант обработки на резьбофрезерном станке модели 561 некруглых валов многолезвийным режущим инструментом, которому сообщается связанное с валом вращение и подача. Образующий профиль вала 1 имеет m конгруэнтных участков, каждый из которых обрабатывается за один оборот инструмента 2, поэтому передаточное отношение кинематической цепи станка между инструментом и обрабатываемым валом настраивается равным m .

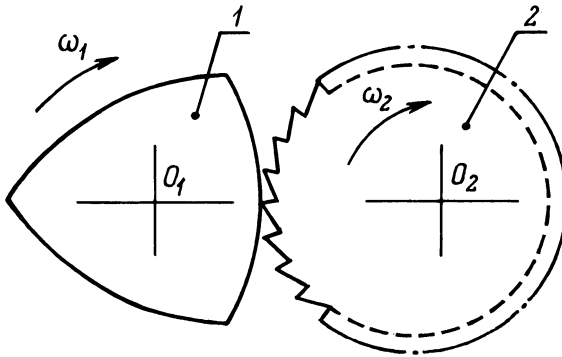


Рис. 2. Схема фрезерования некруглых валов.

Зубья инструмента расположены на поверхности, являющейся огибающей одного из участков профиля в его относительном движении вокруг оси вращения инструмента. Изображенный на рис. 2 профиль вала обеспечивается цилиндрическим инструментом, ось вращения которого смещена относительно его геометрической оси на величину, вдвое меньшую выступов профиля вала.

Обработка вала может осуществляться либо по встречной, либо по попутной схеме резания. При встречной схеме направления вращений инструмента и изделия одинаковы, а при попутной – противоположны, поэтому в первом случае скорость резания равна сумме окружных скоростей инструмента и вала в точке их контакта, а во втором – разности этих скоростей. Ис-

ходя из этого, частоты вращений вала и инструмента настраиваются по формулам:

$$n_1 = \frac{v}{\pi(2mR \pm d)}; \quad (9)$$

$$n_2 = mn_1, \quad (10)$$

где v – скорость резания, м/с; R – максимальный радиус инструмента относительно оси его вращения, м; d – диаметр заготовки, м; знак плюс соответствует встречной, а минус – попутной схемам резания.

Практический интерес представляет обработка некруглых валов ротационным инструментом с замкнутой режущей кромкой, имеющим повышенную стойкость. Схема ротационного точения некруглых валов изображена на рис. 3. Для обработки вала 1 используется круглый резец 2 радиусом R , ось 3 вращения которого на величину a не совпадает с его геометрической осью 4 и перпендикулярна оси 5 обрабатываемого вала. Такая схема обработки реализуется на шлицефрезерных и некоторых моделях резьбофрезерных станков (например, на станке модели 561), а также на модернизированных токарно-затяловочных станках,

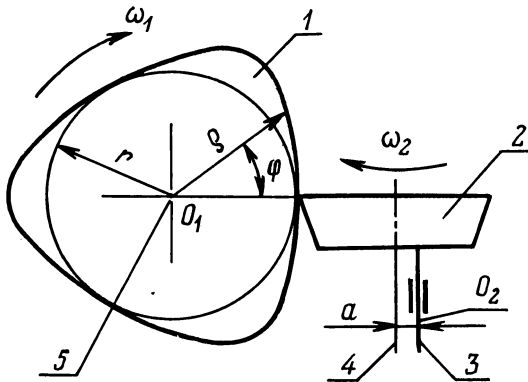


Рис. 3. Схема ротационного точения некруглых валов.

При сообщении резцу и заготовке взаимосвязанных вращательных движений с отношением их угловых скоростей $i = \frac{\omega_1}{\omega_2}$, равным числу выступов профиля, а резцу также продольного движения подачи s осуществляется обработка вала с синусоидным профилем. Уравнение этого профиля в полярных координатах с полюсом на оси вала имеет вид

$$\rho = r + a(1 + \cos i\varphi), \quad (11)$$

где ρ – радиус-вектор профиля вала; r – радиус вписанной в профиль вала окружности; φ – угол поворота вала (угловой параметр). Расстояние между осями вращения вала и резца устанавливается равным сумме значений r , R и a . Форма вала определяется значениями параметров i и a . В зависимости от a профиль вала может быть выпуклым или выпукло-вогнутым.

При целом значении i профиль имеет $m = i$ равномерно расположенных по окружности выступов высотой $h = 2a$ с прямолинейными образующими. При i , не равном целому числу, наружная поверхность вала является винтовой синоидной. Значение i настраивается в этом случае с учетом подачи s инструмента и шага t винтовой поверхности по формуле

$$i = \frac{m}{1 \pm \frac{s}{t}} \quad (12)$$

При $m = 1$ профиль вала близок к окружности, центр которой не совпадает с осью вращения вала, т. е. этот случай может использоваться, например, для предварительной обработки эксцентриков без смещения оси детали относительно оси центров станка. В соответствии с уравнением (11) профиль поперечного сечения вала не зависит от радиуса резца, поэтому изменение его, например, при переточке, не влияет на форму сечения, что имеет важное практическое значение. Технические возможности рассмотренной схемы обработки некруглых валов по форме обрабатываемых сечений расширяются при использовании некруглых резцов с замкнутой режущей кромкой [3].

Обработка некруглых валов по методу обкатки специальными червячными фрезами легко осуществима на зубо- и шлицефрезерных станках, а резцами – на зубодолбежных станках.

Рассмотренные способы могут быть использованы при изготовлении протяжек, выглаживающих и калибрующих инструментов для обработки отверстий в деталях профильных соединений.

Л и т е р а т у р а

1. Борович Л.С. Бесшпоночные соединения деталей машин. – М., 1951. 2. Чарнко Д.В., Тимченко А.И. Профильные соединения валов и втулок в машиностроении. – Вестник машиностроения, 1981, № 1. 3. А. с. 814595 (СССР). Способ обработки многогранных поверхностей / Данилов В.А., Бажин М.В. – Оpubл. в Б. И., 1981, № 11. 4. А. с. 663486 (СССР). Способ точения / Данилов В.А., Бажин М.В. – Оpubл. в Б. И., 1979, № 19.