

## Глава II. ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ И ТОЧНОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

УДК 621.914:621.83

П.С.ЧИСТОСЕРДОВ, канд. техн. наук,  
А.И.КРЕЗ (ММИ)

### ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ СИНУСОИДАЛЬНЫХ КАНАВОК

В Могилевском машиностроительном институте разработан принципиально новый редуктор с синусошариковым зацеплением, основной особенностью которого является наличие замкнутых синусоидальных канавок на наружных и внутренних цилиндрических поверхностях его деталей. Такие канавки фрезеруются с помощью специального устройства к вертикально-фрезерному станку (рис. 1). Назначение этого устройства заключается в прида-

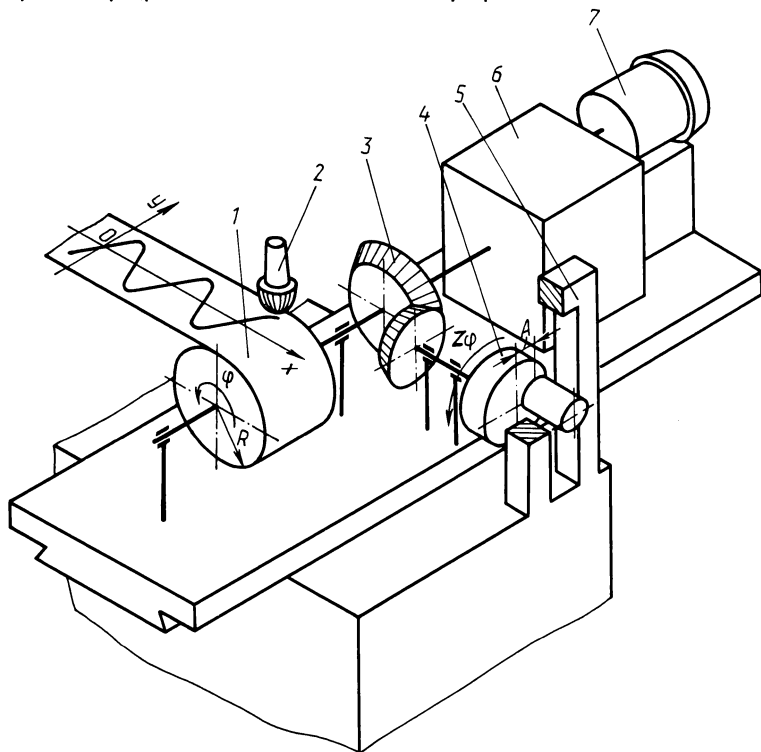


Рис. 1. Принципиальная кинематическая схема устройства для нарезания синусоидальных канавок на цилиндрических поверхностях:  
1 — заготовка; 2 — фреза; 3 — коническая передача; 4 — эксцентрик; 5 — поперечина; 6 — понижающий редуктор; 7 — электродвигатель

нии обрабатываемой заготовке (имеющей вращательное движение) с помощью эксцентрика, кинематически связанного с ней, возвратно-поступательно-го движения. Это движение подчиняется гармоническому закону:

$$S = A \sin Z\varphi,$$

где  $A$  — эксцентриситет, равный амплитуде воспроизводимой синусоиды;  $Z$  — передаточное отношение кинематической цепи, связывающей вращение заготовки и эксцентрика;  $\varphi$  — угол поворота заготовки.

Таким образом, описываемое устройство строит на цилиндрической поверхности радиуса  $R$  кривую, параметрические уравнения которой в развертке имеют вид

$$y = S = A \sin Z\varphi, \quad x = R\varphi. \quad (1)$$

Эти уравнения, описывающие синусоиду в системе координат  $хоу$ , жестко связанной с заготовкой, получаются в случае идеально точного изготовления устройства.

Отклонение эксцентриситета эксцентрика от заданного значения влечет за собой изменение амплитуды синусоиды на величину, равную этому отклонению. Следовательно, погрешность координаты  $y$  будет зависеть от угла  $\varphi$ :

$$\Delta y_1 = \pm \delta \sin Z\varphi. \quad (2)$$

На координату  $x$  эта погрешность влияния не оказывает, т. е.  $\Delta x_1 = 0$ .

Непараллельность оси детали направляющим стола в вертикальной плоскости сказывается только на изменении глубины синусоидальной канавки, но не на ее форме. Непараллельность же в горизонтальной плоскости (рис. 2, а) приведет к тому, что воспроизводимая кривая будет отличаться от синусоиды, причем при непараллельности на угол  $\alpha$  параметрические уравнения этой кривой будут иметь вид:

$$y_2 = A \cos \alpha \sin Z\varphi;$$

$$x_2 = R\varphi + A \sin \alpha \sin Z\varphi.$$

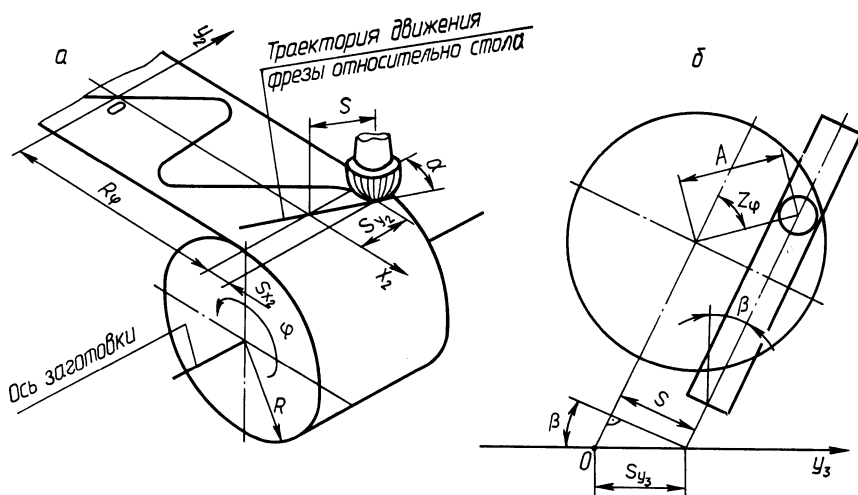


Рис. 2. Схемы для определения погрешностей обработки синусоидальных канавок в зависимости от непараллельности оси детали направляющим стола (а); неперпендикулярности паза поперечины направляющим стола (б)

Сравнив приведенные выражения с параметрическими уравнениями синусоиды (1), получим зависимость погрешностей координат от угла  $\varphi$ :

$$\begin{aligned}\Delta y_2 &= y_2 - y = A (\cos \alpha - 1) \sin Z \varphi; \\ \Delta x_2 &= x_2 - x = A \sin \alpha \sin Z \varphi.\end{aligned}\quad (3)$$

Расчетная схема для определения параметрических уравнений кривой при неперпендикулярности паза поперечины направляющим стола приведена на рис. 2, б. Очевидно, что эта погрешность, как и в первом случае, не влияет на характер изменения координаты  $x$  и, следовательно,  $\Delta x_3 = 0$ . Однако зависимость  $y = f(x)$  будет носить другой характер, отличный от описанного в выражении (1). Так, при отклонении от перпендикулярности на угол  $\beta$  координата  $y$  будет равна

$$y_3 = A \sin Z \varphi / \cos \beta.$$

Погрешность, вызванная неперпендикулярностью паза поперечины направляющим стола, определится как

$$\Delta y_3 = y_3 - y = A \sin Z \varphi (\sec \beta - 1).$$

Из анализа выражений (2), (3) и (4) следует, что максимальные значения всех этих погрешностей будут при одном и том же значении угла  $\varphi$ , при котором  $\sin Z \varphi = \pm 1$ , т. е. этот угол равен  $k\pi/2Z$  (где  $k$  — целое число). При этом значении угла  $\varphi$  максимальные погрешности будут определяться следующими выражениями:

$$\begin{aligned}\Delta y_{1 \max} &= \pm \delta; \\ \Delta y_{2 \max} &= A (\cos \alpha - 1); \\ \Delta x_{2 \max} &= A \sin \alpha; \\ \Delta y_{3 \max} &= A (\sec \beta - 1).\end{aligned}\quad (5)$$

Суммарная максимальная погрешность определится по формуле:

$$\Delta_{\max} = \sqrt{(\Delta y_{1 \max} + \Delta y_{2 \max} + \Delta y_{3 \max})^2 + (\Delta x_{2 \max})^2}.$$

Подставив вместо величин, входящих в формулу, их значения, получим:

$$\Delta_{\max} = \sqrt{[\pm \delta + A (\cos \alpha - 1) + A \frac{1 - \cos \beta}{\cos \beta}]^2 + (A \sin \alpha)^2}.$$

Анализ выражений (5) показывает, что  $\Delta y_2$  и  $\Delta y_3$  — величины высшего порядка малости по сравнению с  $\Delta x_2$ , и ими можно пренебречь. Проиллюстрируем это на следующем примере. Если принять  $A = 20$  мм,  $\alpha = 0,5^\circ$  и  $\beta = 0,5^\circ$ , то

$$\begin{aligned}\Delta y_{2 \max} &= 20 (\cos 0,5 - 1) = -0,0008; \\ \Delta x_{2 \max} &= 20 \sin 0,5 = 0,1745; \\ \Delta y_{3 \max} &= 20 \frac{1 - \cos 0,5}{\cos 0,5} = 0,0008.\end{aligned}$$

Учитывая также, что погрешность эксцентриситета при нарезании канавок на наружных и внутренних цилиндрических поверхностях, работающих совместно, одним и тем же эксцентриком практически не оказывает влияния

на работу редуктора, то максимальную погрешность с достаточной для практических целей точностью можно определить по формуле:  $\Delta_{\max} = A \sin \alpha$ .

Таким образом, повышение точности обработки синусоидальных канавок определяется точностью изготовления базирующих элементов заготовки и установочных элементов устройства, посредством которых заготовки устанавливаются параллельно направляющим стола в горизонтальной плоскости.

УДК 621.993.042

В.И.ШАГУН, канд. техн. наук (БПИ)

### ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ РЕЗАНИЯ МАШИНЫМИ МЕТЧИКАМИ НА ОТКЛОНЕНИЯ ФОРМЫ СРЕДНЕГО ЦИЛИНДРА РЕЗЬБЫ, НАРЕЗАЕМОЙ В ЧУГУНЕ

Точность формы среднего цилиндра резьбы в значительной мере определяет работоспособность резьбовых сопряжений и зависит от условий резьбообработки. Результаты исследований по нарезанию резьбы М16 в чугуне СЧ 18-36, выполненные в БПИ, сведены в табл. 1.

Параметры метчиков, использованных для исследований: передний угол —  $10^\circ$ ; задний угол —  $5^\circ$ ; угол заборной части —  $14^\circ 50'$ ; обратная конусность — 0,1:100; стружечные канавки метчиков прямые; длина рабочей части метчиков — 17 шагов; затылование по профилю — 0,135 мм на угловом шаге перьев метчиков типа А (затылованы по профилю на всей ширине пера) и 0,4 мм у метчиков типа Б (затылованы по профилю на 2/3 ширины пера); радиальное биение режущих кромок на заборной части при проверке

Т а б л. 1

Отклонения формы среднего цилиндра резьбы М16х2 в чугуне

Патрон	Исследуемый фактор		Овальность, мкм		Отклонения формы продольного сечения, мкм	
			Тип метчика			
	наименование	значение	А	Б	А	Б
			Доверительные интервалы, мкм			
		$\pm 0,6$	$\pm 0,6$	$\pm 8,7$	$\pm 2,1$	
е, мм		0,0	2,1	2,0	4,8	1,2
		0,2	4,4	2,3	12,2	3,0
		0,4	4,5	2,7	8,8	4,4
ж	v, м/мин	5,0		2,5		4,4
		10,0		2,6		5,6
		35,0		2,7		4,6
СОЖ		сульфофрезол		2,8		11,4
		керосин		2,1		5,8
		эмульсия		3,0		8,4
п		керосин	4,3	1,4	64,0	4,6
		эмульсия	2,0	2,1	13,0	7,0

Обозначения: ж — жесткий; п — плавающий; е — радиальное биение метчика по заборной части; v — скорость резания; СОЖ — смазывающе-охлаждающая жидкость.