

Определение геометрической погрешности шлифования торцов профилированным и ориентированным инструментом

Предлагается методика определения торцового биения, непрямолинейности профиля, неплоскостности и неперпендикулярности торца к оси детали, прошлифованной профилированным и ориентированным инструментом. Разработаны уравнения для определения геометрической погрешности обработки известными и новым способом шлифования торцов цилиндрических деталей

При двустороннем шлифовании торцов цилиндрических деталей ориентированными кругами, плоские торцы которых не параллельны обрабатываемым, появляется геометрическая погрешность формообразования [1]. Предложена методика расчета ее и способ шлифования [2], уменьшающий геометрическую погрешность.

Координаты точек прошлифованной поверхности торца детали определяем из условия равенства, для точек касания, радиусов векторов инструмента и детали ($\bar{r}_и = \bar{r}_{иқ}$) в его системе координат [1]. Из этого условия находим координаты Z_q точек торцевой поверхности и определяем ее погрешность. Представим координаты точек торцевой поверхности $Z_q(n,k)$ цилиндрической детали 1_K с круговой направляющей (рис. 1) в виде матрицы:

$$Z_q(n,k) = \begin{vmatrix} Z_{q0,0} & Z_{q0,1} & \dots & Z_{q0,k} \\ Z_{q1,0} & Z_{q1,1} & \dots & Z_{q1,k} \\ Z_{q2,0} & Z_{q2,1} & \dots & Z_{q2,k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Z_{qn,0} & Z_{qn,1} & \dots & Z_{qn,k} \end{vmatrix}, \quad (1)$$

где $Z_{q0,0}=Z_{q0,1}=\dots=Z_{q0,k}$ - координата детали, измеряемая вдоль оси Z в центральной точке O_q ; $Z_{q1,0}, Z_{q1,1}, \dots, Z_{q1,k}$ - координаты детали, расположенные на окружности радиуса $r=\Delta r \cdot n$, где $\Delta r=r_{\max} / n_{\max}$ - шаг разбиения в радиальном направлении; r_{\max} - максимальный радиус детали, n_{\max} - максимальное число разбиений ($n=0,1,\dots, n_{\max}$); $Z_{q0,0}, Z_{q1,0}, \dots, Z_{qn,0}$ - координаты детали, расположенные в радиальной плоскости (А-А, рис. 1); $\Delta\theta_q=2\pi / k_{\max}$ - шаг разбиений в угловом направлении, k_{\max} - максимальное число разбиений по углу детали ($k= 1,2, \dots, k_{\max}$).

При обработке некруглой цилиндрической детали, например, многогранной неперетачиваемой пластины 2_{HK} (рис 1) максимальное число разбиений K_{\max} выбирается кратным числу граней пластины. Максимальный радиус детали r_{\max} равен радиусу наружного контура пластины для каждого угла θ_q . В матрице (1) для радиусов, выходящих за наружный контур пластины, координаты $Z_q=0$

Тогда радиус-вектор точки торцевой поверхности детали определяется

$$\bar{r}_{q(n,k)} = \bar{i} \cdot (r \cdot n) \cdot \cos(\theta_q \cdot k) + \bar{j} \cdot (r \cdot n) \cdot \sin(\theta_q \cdot k) + \bar{k} \cdot z_{q(n,k)} \quad (2)$$

Для рассматриваемого примера каждый столбец указанной матрицы соответствует полуплоскости, построенной от начала координат в радиальном направлении. Для того чтобы рассмотреть осевую плоскость, необходимо столбцы объединить таким образом, чтобы

$$\theta_q \cdot k_1 = \theta_q \cdot (k_1 + \frac{k_{\max}}{2}) - \pi \quad (3)$$

Непрямолинейность Δ_2 - наибольшее расстояние от точек действительного профиля 3 до прилегающей прямой 4 (рис. 1). 5 – геометрический профиль.

Выбор прилегающей прямой производят так, чтобы площадь F , заключенная между ней 4 и профилем 3, была минимальной. Точки профиля 3 должны лежать по одну сторону от прямой 4. Это условие будет выполняться в случае, если сумма отрезков, заключенных между профилем и прямой, будет минимальной, так как основание остается постоянным для каждого осевого сечения детали под углом θ_q .

Условия выбора прилегающей прямой

$$\begin{cases} F \approx \sum^n (Z_{qnp}(n, k_o) - Z_q(n, k_o)) \cdot \Delta r \rightarrow \min \\ Z_{np}(n, k_o) \geq Z_q(n, k_o) \end{cases}, \quad (5)$$

$$\begin{aligned} Z_{qnp}(n, k_o) &= \frac{Z_{q2} - Z_{q1}}{r_2 - r_1} \cdot (r(n, k_o) - r_1) + Z_q : & \frac{Z_{q2} - Z_{q1}}{r_2 - r_1} &= \operatorname{tg} \alpha_q \\ \Delta_2 &= \cos \alpha_q (Z_{qnp}(n_o, k_o) - Z_q(n_o, k_o)), \end{aligned} \quad (6)$$

$r_q(n_o, k_o)$ - радиус точки осевого сечения детали с максимальным отклонением от прилегающей прямой.

Неплоскостность Δ_3 - наибольшее расстояние от точек действительной поверхности до прилегающей плоскости 5 (рис. 2).

Прилегающая базовая плоскость определяется по точкам обработанной поверхности таким образом, чтобы объем V , заключенный между базовой и реальной поверхностями, был минимальным, а все точки реальной поверхности лежали по одну сторону от прилегающей плоскости 5.

Условия выбора прилегающей плоскости

$$\begin{cases} V \approx \sum^n [\sum^k (Z_{nл}(n, k) - Z_q(n, k)) \cdot \Delta r \cdot n \cdot \Delta \theta] \cdot \Delta r \rightarrow \min \\ Z_{nл}(n, k) \geq Z_q(n, k) \end{cases}, \quad (7)$$

где $Z_{nл}(n, k)$ - осевая координата точки прилегающей плоскости, расположенной на радиусе $r = \Delta r \cdot n$ с угловой координатой $\theta_q = \Delta \theta \cdot k$ (рис. 2).

$$\Delta_3 = \cos \alpha'_q \cdot (z_{nл}(n_o, k_o) - Z_q(n_o, k_o)), \quad (8)$$

где $r_q(n_o, k_o)$ - радиус точки детали с максимальным отклонением от прилегающей плоскости; α'_q - угол между нормалью к базовой плоскости и осью Z . (рис. 2),

$\operatorname{tg} \alpha'_q = \bar{k} \cdot \bar{n} / |\bar{k}| \cdot |\bar{n}_л|$, \bar{n} - вектор нормали, \bar{k} - орт оси Z_q .

При шлифовании круглых цилиндрических деталей прилегающая плоскость 5 (рис. 2) определяется по трем точкам 1, 2, 3 обработанной поверхности, расположенным на трех прямых осевых сечениях детали. При обработке некруглых цилиндрических деталей, например, многогранных неперетачиваемых пластин, прилегающая плоскость 5 (рис. 2) определяется тремя точками, расположенными на трех прямых, проходящих через вершины трехгранной пластины 6 и ось детали $O_q Z_q$. Для четырехгранной пластины 2_{НК} (рис 1) три точки расположены на двух прямых, проходящих через ее вершины.

Неперпендикулярность базовой плоскости к оси детали

$$\Delta_4 = 2r_{\max} \cdot \sin \alpha'_q = 2r_{\max} \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \alpha'_q}. \quad (9)$$

При обработке многогранной неперетачиваемой пластины 2_{НК} (рис 1) r_{\max} принимается равным максимальному радиусу ее наружного контура.

Выполнено теоретическое исследование геометрической погрешности формообразования торцов цилиндрических деталей ориентированным инструментом.

Исследования на ЭВМ математической модели (4-9) показали, что при шлифовании плоским торцом круга торцов цилиндрических втулок с увеличением углов ориентации φ и ψ [1] погрешность увеличивается. Так при $\varphi = -0,09^\circ$, $\psi = 0,06^\circ$, торцовое биение $\Delta_1 = 0,02$ мм, непрямолинейность $\Delta_2 = 0,013$ мм, неплоскостность $\Delta_3 = 0,18$ мм, неперпендикулярность торца $\Delta_4 = 0,022$ мм. При $\varphi = -0,25^\circ$, $\psi = 0,2^\circ$ - $\Delta_1 = 0,036$ мм, $\Delta_2 = 0,03$ мм, $\Delta_3 = 0,033$ мм, $\Delta_4 = 0,038$ мм.

Для повышения производительности и точности обработки торцов втулок предложен новый способ двустороннего шлифования профилированными и ориентированными кругами [2], когда оси детали в зону обработки перемещают по дуге окружности радиусом $R_b = R_a - r_{\text{ци}}$, где R_a - радиус окружности, по которой перемещают ось алмазного карандаша при правке, $r_{\text{ци}}$ - средний радиус втулки - получена погрешность $\Delta_1 = 0,01$ мм, $\Delta_2 = 0,006$ мм, $\Delta_3 = 0,009$ мм, $\Delta_4 = 0,012$ мм, при $\varphi = -0,09^\circ$, $\psi = 0,06^\circ$ и $\Delta_1 = 0,02$ мм, $\Delta_2 = 0,016$ мм, $\Delta_3 = 0,019$ мм, $\Delta_4 = 0,021$ мм при $\varphi = -0,25^\circ$, $\psi = 0,2^\circ$

При шлифовании торцов деталей, которые не вращаются при обработке, их перемещают по дуге окружности $R_b = R_a$. Шлифуя торцы крестовин карданных валов, которые фиксировались в призмах, на Черниговском заводе "Агрореммаш" получена минимальная погрешность $\Delta_1 \leq 0,018$ мм при $R_b = R_a$.

Для шлифования торцов твердосплавных пластин $2_{\text{НК}}$ (рис. 1) и 6 (рис. 2) алмазными кругами на металлической связке предложен способ электрохимической правки. При этом ось правящего электрода располагается на радиусе $R_b = R_a$. Расчетная форма образующей круга после правки определяется по методике, приведенной в работе [1]. Образующая круга представляет интегральную кривую, полученную после правки при $R_a \pm \Delta R = R_b$. Где ΔR - половина ширины правящего электрода, имеющего плоский торец.

Внедрение нового способа шлифования на Черниговском заводе "Агрореммаш" при обработке торцов поршневых пальцев повысило производительность в 1,3 раза, геометрическая погрешность Δ_1 уменьшилась в 1,8 раза по сравнению с обработкой плоским торцом круга без вращения детали.

Список использованной литературы:

1. Кальченко В.В. Повышение геометрической точности двустороннего шлифования торцов цилиндрических деталей ориентированным инструментом // Резание и инструмент в технологических системах. - Межд. научн. - техн. сборник. - Харьков: ХГПУ, - 1997, - вып. 51, с. 116-118.

2. Кальченко В.В. Заявка на патент Украины N97126463 B24B 5/04, приоритет от 30.12.97 "Способ шлифования торцов цилиндрических деталей".