ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ ШЛИФОВАНИЯ ТОРЦОВ ОРИЕНТИРОВАННЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

В.В. Кальченко, Чернигов, Украина

The dising procedure of end play, profile non-linearity, non planeness and pendicularity of the end with respect to the axis of a cylindrical piece grinded with an oriented tool has been proposed.

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

$$Z_q(n,k) = \begin{vmatrix} Z_q 0,0 & Z_q 0,1 & \dots\dots\dots & Z_q 0,k \\ Z_q 1,0 & Z_q 1,1 & \dots\dots\dots & Z_q 1,k \\ Z_q 2,0 & Z_q 2,1 & \dots\dots\dots & Z_q 2,k \\ \dots\dots & \dots\dots & \dots\dots & \dots\dots \\ Z_q n,0 & Z_q n,1 & \dots\dots\dots & Z_q n,k \end{vmatrix}, \qquad (1)$$

где Z_q 0,0=Z_q 0,1=......=Z_q 0,k - координата детали, измеряемая вдоль оси Z в центральной точке O_q; Z_q 1,0, Z_q 1,1 ...... Z_q 0,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...... n_{max}); Z_q 0,0, Z_q 1,0 ...... Z_q n,0 - координаты деталей расположенные в радиальной плоскости (А-А, рис. 1); $\theta_q=2\pi / k_{max}$ - шаг разбиений в угловом направлении, k_{max} - максимальное число разбиений по углу детали (k= 1,2, ... k_{max}).

Тогда радиус-вектор точки торцевой поверхности детали определяется

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

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

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

Геометрическая точность формообразования торцов цилиндрических деталей оценивается торцовым биением Δ_1, непрямолинейностью профиля Δ_2 , неплоскостностью Δ_3 и неперпендикулярностью торца Δ_4 к оси детали.

Торцовое биение Δ_1 (рис. 2) получается за счет неперпендикулярности торцовой поверхности к базовой оси и отклонений формы торца детали.

$$\Delta_1 = Z_{q\max} - Z_{q\min}, \tag{4}$$

где $Z_{q\max}$ и $Z_{q\min}$ - максимальная и минимальная координаты точек торцовой поверхности вдоль оси детали, расположенных на окружности радиусом $\bar{r}_q$ (рис. 1), т.е. одной строки матрицы (1).

Непрямолинейность Δ_2 - наибольшее расстояние от точек действительного профиля до прилегающей прямой (рис. 1).

Выбор прилегающей прямой производят так, чтобы площадь F, заключенная между ней и профилем, была минимальной. Точки профиля должны лежать по одну сторону от прямой. Это условие будет выполняться в случае, если сумма отрезков, заключенных между профилем и прямой, будет минимальной, так как основание остается постоянным.

Условия выбора прилегающей прямой

$$\begin{cases} F \approx \sum^{n} (Z_{q\text{пр}}(n,k_o) - Z_q(n,k_o)) \cdot \Delta r \to \min \\ Z_{\text{пр}}(n,k_o) \geq Z_q(n,k_o) \end{cases}, \tag{5}$$

$$Z_{\text{пр}}(n,k_o) = \frac{Z_{q2} - Z_{q1}}{r_2 - r_1} \cdot (r(n,k_o) - r_1) + Z_q; \qquad \frac{Z_{q2} - Z_{q1}}{r_2 - r_1} = tg\alpha_q$$

$$\Delta_2 = \cos\alpha_q (Z(n_o,k_o) - Z_q(n_o,k_o)), \tag{6}$$

$r \cdot n_o$ - радиус точки осевого сечения детали с максимальным отклонением от прилегающей прямой.

Неплоскостность Δ_3 - наибольшее расстояние от точек действительной поверхности до прилегающей плоскости (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.

Условия выбора прилегающей плоскости

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

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

$$\Delta_3 = \cos\alpha_q' \cdot (z_{\text{пл}}(n_o,k_o) - Z_q(n_o,k_o)), \tag{8}$$

где 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) $tg\alpha_q' = \bar{k} \cdot \bar{n} / |\bar{k}| \cdot |\bar{n}_{\text{пл}}|$

Неперпендикулярность базовой плоскости к оси детали

$$\Delta_4 = 2r_{\max} \cdot \sin\alpha_q' = 2r_{\max} \cdot \sqrt{1 - \cos^2\alpha_q'}\ . \tag{9}$$

Список 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.И., Рудик А. В., Кальченко В.В. Заявка на патент Украины N97126464 B24B 5/04, приоритет от 30.12.97 “Способ шлифования торцов цилиндрических деталей”.