

## Производительность двустороннего шлифования профилированными кругами торцов ориентированных деталей

В статье рассматривается новый способ двустороннего шлифования профилированными кругами торцов цилиндрических деталей, которые ориентированы относительно оси и не вращаются при обработке. Разработаны уравнения для определения мгновенной и удельной производительности обработки, которые позволяют определить эффективность известных и нового способа шлифования торцов.

Торцы крестовин карданных валов, опорных поверхностей некруглых твердосплавных пластин и других, ориентированных относительно оси, цилиндрических деталей одновременно обрабатывают на двусторонних торцешлифовальных станках [1].

Мгновенная производительность шлифования торцов определяется объемом металла, который подводится к поверхности контакта  $F$  [2] (рис. 1), и имеет вид поверхностного интеграла

$$Q_m = \iint_F V_n \cdot dF. \quad (1)$$

Подинтегральное выражение представляет собой элементарный объем подводимого металла, который проходит через элементарную площадку  $dF$ , расположенную в пределах пятна контакта. Высота этого объема металла  $V_n$  равняется скалярному произведению векторов относительной скорости  $\bar{V}$  и единичного вектора  $\bar{n}_o = \bar{n} / |\bar{n}|$ .

$$V_n = \bar{V} \cdot \bar{n}_o. \quad (2)$$

Площадь элементарной площадки  $dF$ , определяется из выражения (рис. 1)

$$dF = R_i \cdot d\theta_k \sqrt{\left(\frac{dz_i}{di}\right)^2 + \left(\frac{dR_i}{di}\right)^2} di. \quad (3)$$

Тогда выражение (1) мгновенной производительности имеет вид

$$Q_m = \int_{i_1}^{i_2} \left( \int_{\theta_{1ki}}^{\theta_{2ki}} V_n \cdot R_i d\theta_k \right) \sqrt{\left(\frac{dR_i}{di}\right)^2 + \left(\frac{dz_i}{di}\right)^2} di. \quad (4)$$

Из рис. 1 видно, что размер  $R_i \theta_k$  определяет длину пятна контакта, которая измеряется вдоль окружности  $i$ -той точки профиля инструмента. Размер  $dl = \sqrt{\left(\frac{dR_i}{di}\right)^2 + \left(\frac{dz_i}{di}\right)^2} di$  - определяет элементарную ширину пятна контакта в окрестностях  $i$ -той точки (рис. 1, А-А).

Границы пятна контакта определяются решением векторных уравнений поверхностей круга  $\bar{r}_i$  и детали  $\bar{r}_q$  в системе координат круга.

Матричная запись уравнения поверхности круга 2 (рис. 1, А-А) имеет вид [2]

$$\bar{r}_i = A_3(Z_i) \cdot A_6(\theta_k) \cdot A_2(R_i) e_4, \quad (5)$$

где  $R_i$  - радиус сечения круга в границах  $i$ -той точки;  $Z_i$  - его осевая координата;  $\theta_k$  - угловой параметр круга;  $e_4 = (0,0,0,1)^T$ .

Уравнение поверхности детали в системе координат круга

$$\bar{r}_{uq} = A_{uq} \cdot \bar{r}_q, \quad (6)$$

где  $\bar{r}_q$  - обобщенное уравнение поверхности цилиндрической детали 1 (рис. 1) в ее системе координат  $X_q Y_q Z_q$  приведено [2];  $A_{иқ}$  - матрица перехода из системы координат детали в систему координат инструмента, дана [2].

В уравнении (4)

$$V_n = V_x \cdot n_{ox} + V_y \cdot n_{oy} + V_z \cdot n_{oz}, \quad (7)$$

где  $V_x, V_y, V_z$  - проекции вектора относительной скорости  $\bar{V}$  на координатные оси инструмента;  $n_{ox}, n_{oy}, n_{oz}$  - проекции вектора единичной нормали  $\bar{n}_0$  на координатные оси инструмента.

$$n_{ox} = \cos \theta_k (-\sin \alpha); n_{oy} = \sin \theta_k \cdot (-\sin \alpha); n_{oz} = \cos \alpha, \quad (8)$$

где  $\alpha$  - угол наклона касательной профиля круга в рассматриваемой точке (рис. 1, А-А);

Скорость относительного движения  $\bar{V}$  определяется векторным способом из уравнения

$$\bar{V} = \bar{w}_{ub} \times \bar{r}_{uq} + \bar{A}_b \times \bar{w}_{ub}, \quad (9)$$

где  $\bar{w}_{ub}$  - вектор угловой скорости барабана в системе координат инструмента;  $\bar{r}_{иқ}$  - радиус-вектор точек поверхности детали в системе координат инструмента, определяется из уравнения (6);  $\bar{A}_b$  - радиус-вектор начала координат барабана  $O_b$  в системе координат инструмента (рис. 1).

Решив уравнение (9) получим вектор скорости относительного движения  $\bar{V}$ , который в системе координат инструмента определяется проекциями  $V_x, V_y, V_z$ . Подставил их и  $n_{ox}, n_{oy}, n_{oz}$  (8) в уравнения (7), определим  $V_n$ , а потом из (4) - мгновенную  $Q_m$  и  $Q_y$  удельную производительность, которая в (4) представляет собой внутренний интеграл

$$Q_{yi} = \int_{\theta_{1ki}}^{\theta_{2ki}} V_n \cdot R_i \cdot d\theta_k, \quad (10)$$

где  $\theta_{1ki}, \theta_{2ki}$  и  $R_i$  (рис. 1) определяются решением уравнений (5) и (6).

Для повышения производительности и точности двустороннего шлифования торцов цилиндрических деталей, которые ориентированны относительно оси и не вращаются при обработке (рис. 1) предложен новый способ, в котором оси деталей 1 (рис. 1) в зону резания перемещают по дуге окружности

$$R_b = R_a, \quad (11)$$

где  $R_b$  - радиус барабана, на котором расположены оси обрабатываемых деталей;  $R_a$  - радиус окружности, по которой перемещают ось алмазного карандаша при правке абразивного круга.

Вычислительные эксперименты на ЭВМ удельной производительности  $Q_{yi}$  (10) и геометрической погрешности обработки показали, что при шлифовании торцов крестовин карданных валов, которые фиксируются в призмах в процессе формообразования, минимальная расчетная погрешность  $\Delta=0,016$  мм получена при  $R_b=R_a$  (11).

Экспериментальное исследование шлифования торцов крестовин карданных валов осуществлялось на чешском автомате модели BSBK в цеховых условиях черниговского завода "Автодеталь". Детали на барабане устанавливались в призмах. Круг был заправлен при  $R_b=R_a$  (11). Погрешность не превышала  $\Delta \leq 0,018$  мм. Торцовое биение крестовин проверялось на кругломере "TALYROND - 2". Различие расчетной и измеренной форм торцов не превышало 15%

### Выводы

1. Разработан новый способ шлифования, повышающий производительность и более чем в 2 раза точность шлифования торцов цилиндрических деталей, которые не вращаются при обработке.

2. Разработана методика определения мгновенной и удельной производительности шлифования торцов цилиндрических деталей ориентированными и профилированными кругами.

Список использованной литературы:

1. Лурье Г. Б., Комиссаржевская В.Н. Шлифовальные станки и их наладка. М.: “Высшая школа”, 1976, 415 с.
2. Кальченко В.В. Повышение эффективности двустороннего шлифования торцов цилиндрических деталей ориентированными абразивными кругами: Дис., канд., техн., наук: 05.03.01 - Харьков, 1998, -208 с.