

УДК 623.921

## ОСЕВЫЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ ПОДШИПНИКОВЫХ КОЛЕЦ

Тышкевич В.Н., Орлов С.В., Светличная В.Б., Костин В.Е.  
*Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета, Россия*

Получены формулы для максимальных перемещений в осевом направлении подшипниковых колец от действия магнитного поля стола и усилий шлифовального круга при шлифовании торцом круга. Формулы рекомендуется использовать для определения оптимальных режимов технологического процесса шлифования.

**Ключевые слова:** шлифование, подшипники, кольца

После термообработки подшипниковые кольца приобретают неплоскостность (изогнутость) торцовых поверхностей под действием остаточных температурных напряжений. Касание кольца с поверхностью стола и торцом круга при шлифовании будет происходить не по всей поверхности торца кольца. Упругие осевые перемещения, неизбежно возникающие при шлифовании торцов колец, будут влиять на режимы технологического процесса шлифования и их необходимо учи-

тывать при совершенствовании технологических процессов [1].

Наибольшие осевые перемещения будут иметь кольца при двухточечном касании с поверхностью стола и торцом круга (рис. 1, а). Кольцо нагружено сосредоточенными силами  $P$  (от действия шлифовального круга) и равномерно распределенной нагрузкой  $q$  (от действия магнитного поля стола), перпендикулярными плоскости кольца.

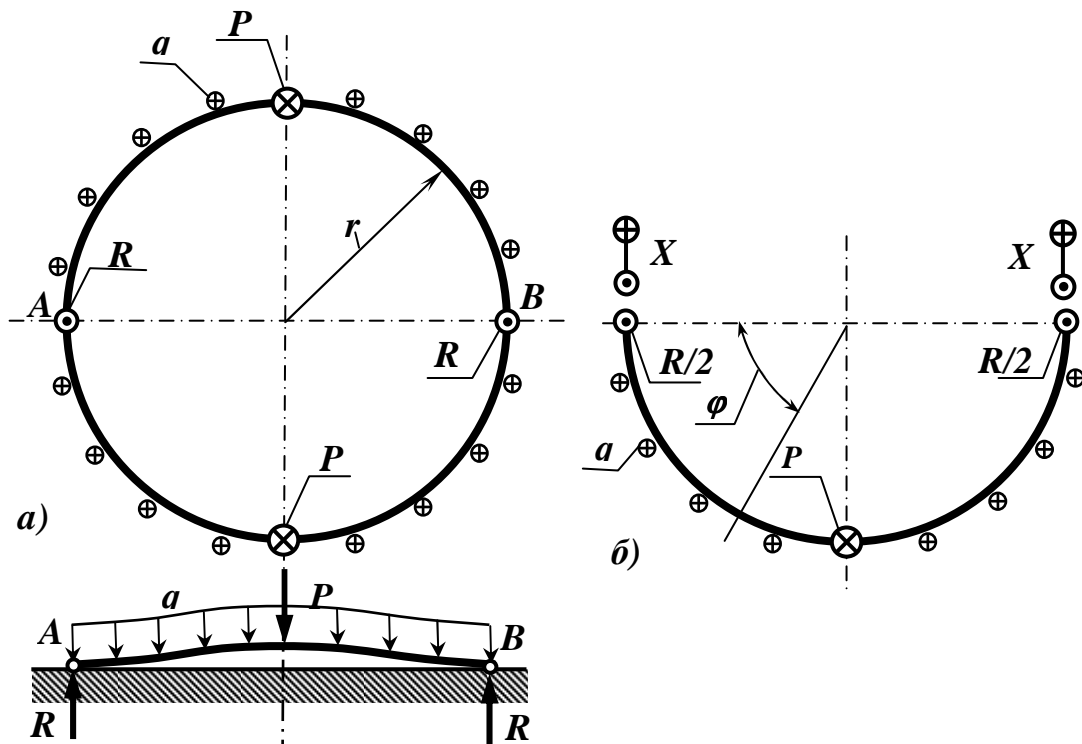


Рис. 1. Расчетная схема

В общем случае главные центральные оси поперечного сечения кольца,  $z$  и  $y$ , могут быть наклонены по отношению к плоскости кольца. Для облегчения дальнейших вычислений целесообразно ввести вспомогательные коэффициенты:  $\eta_y = I_{yc} / I_{zc}$ ;  $\eta_{zy} = I_{yczc} / I_{zc}$ ;  $\eta_k = EI_y I_z / (GI_z I_k)$ ; где  $I_{yc}$ ,  $I_{zc}$ ,  $I_y$ ,  $I_z$ ,  $I_{yczc}$  - осевые и центробежный моменты инерции;  $I_k$  - момент инерции сечения при кручении;  $E$ ,  $G$  - модули упругости и сдвига, соответственно. Центральная ось  $z_c$  лежит в плоскости

кольца, а ось  $y_c$  - перпендикулярна этой плоскости.

Для раскрытия статической неопределимости используем свойства симметрии. При нагрузке перпендикулярной плоскости кольца, если провести разрез по оси, проходящей через точки  $A$  и  $B$ , неизвестным останется только изгибающий момент  $X_1$  (рис. 1, б) [2].

В этом случае момент  $X_1$  найдем из условия равновесия половины кольца. Составляя уравнение моментов относительно оси  $A-B$ , получим:

$$2X_1 = Pr + 2 \int_0^{\pi/2} qr^2 \sin \varphi d\varphi = Pr + 2qr^2; \quad X_1 = \frac{Pr}{2} + qr^2.$$

Реакции  $R$  в точках контакта определяются из суммы проекций всех сил на ось перпендикулярную плоскости кольца. В результате получим:  $R = (\pi qr + P)/2$ .

точно проинтегрировать выражения моментов только для четверти круга (рис. 1, б), а результат умножить на 4 [2]:

Для вычисления методом Мора перемещения в точке приложения силы доста-

$$w = 8 \frac{r I_{zc}}{EI_z I_y} \int_0^{\pi/2} [\eta_y M_{zc} M'_{zc} + \eta_k M_k M'_k] d\varphi.$$

Изгибающие и крутящие моменты в текущем сечении от действия внешней нагрузки  $M_{zc}$ ,  $M_k$  и единичной силы  $M'_{zc}$ ,  $M'_k$  будут равны:

$$\begin{aligned} M_{zc}^I &= \frac{1}{2} r (\sin \varphi - \cos \varphi); & M_k^I &= \frac{1}{2} r (1 - \cos \varphi - \sin \varphi); \\ M_{zc} &= 0,5 R r \sin \varphi - qr^2 (1 - \cos \varphi) - X_1 \cos \varphi = \\ &= 0,5 (\pi qr + P) r \sin \varphi - qr^2 (1 - \cos \varphi) - (qr^2 + 0,5 Pr) \cos \varphi; \\ M_k &= 0,5 R r (1 - \cos \varphi) - qr^2 (\varphi - \sin \varphi) - X_1 \sin \varphi = \\ &= 0,5 (\pi qr + P) r (1 - \cos \varphi) - qr^2 (\varphi - \cos \varphi) - (qr^2 + 0,5 Pr) \sin \varphi. \end{aligned}$$

После интегрирования выражение для перемещения примет вид:

$$w = \frac{8r^3 I_{zc}}{EI_z I_y} \left[ \varepsilon_y (0,1427P + 0,2242qr) + \varepsilon_k (0,0354P + 0,0556qr) \right]$$

Определим осевое перемещение при шлифовании наружного кольца конического однорядного роликоподшипника с

размерами  $D = 375$  мм,  $C = 18$  мм;  $D_1 = 357,47$  мм;  $D_2 = 367,1$  мм;  $\beta = 15^\circ$  (рис. 2).

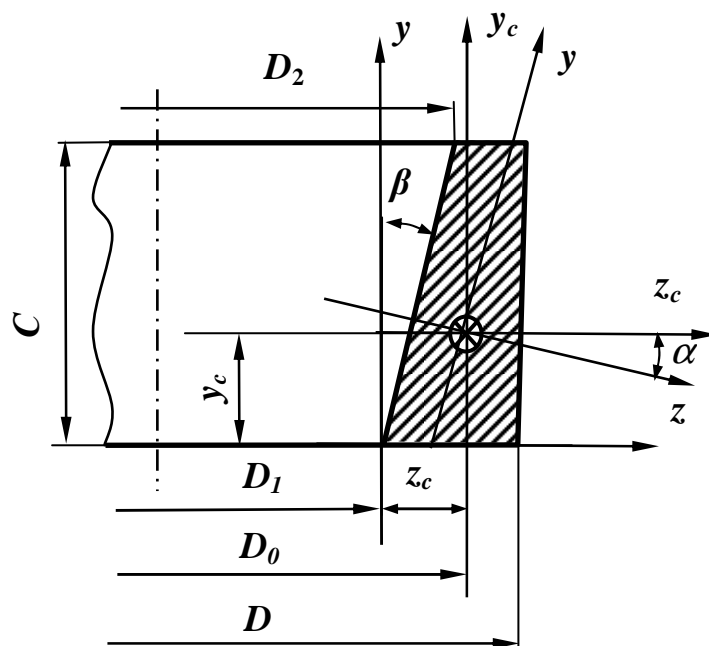


Рис. 2. Поперечное сечение кольца

Координаты центра тяжести поперечного сечения кольца  $y_c$ ,  $z_c$ , диаметр центральной окружности  $D_0$  и моменты инерции будут равны:  $y_c = 7,86$  мм;  $z_c = 5,44$  мм;  $D_0 = D_1 + 2z_c = 357,47 + 2 \times 5,44 = 368,35$  мм;

$I_{z_c} = 2755$  мм<sup>4</sup>;  $I_{y_c} = 495,2$  мм<sup>4</sup>;  $I_{z_{yc}} = 394,4$  мм<sup>4</sup>;  $I_z = 2840$  мм<sup>4</sup>;  $I_y = 410$  мм<sup>4</sup>;  $\alpha = -19,2^\circ$ .

Момент инерции при кручении вычисляем по формуле Гриффитса-Прескота [2]:

$$I_{\kappa} = \frac{C}{12} \frac{(D - D_1)^4 - (D - D_2)^4}{(D - D_1) - (D - D_2)} = \frac{18 \cdot 8,77^4 - 3,94^4}{12 \cdot 8,77 - 3,94} = 1762 \text{ мм}^4.$$

Вспомогательные коэффициенты будут равны:  $\eta_y = 0,18$ ;  $\eta_{zy} = 0,143$ ;  $\eta_{\kappa} = 0,63$ . Максимальное перемещение будет равно:

$$w = \frac{8 \times 184,18^3 \times 2755}{2,1 \times 10^5 \times 2840 \times 410} [0,18(0,1427P + 41,293q) + 0,63(0,0354P + 10,24q)] = 0,5632(0,04799P + 13,884q) = 0,02703P + 7,8194q.$$

Формулы рекомендуется использовать для определения оптимальных режимов технологического процесса шлифования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коротков Б. И., Коротков С. Б., Тышкевич В. Н., Орлов С. В. Исследование процес-

сов шлифования внутренних и наружных конусов деталей класса колец: Монография/ Под ред. Б. И. Короткова/ ВолгГТУ. – Волгоград, 2007. – 133 с.

2. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник в трех томах. Т. 1 / Под ред. И.А. Биргера, Я.Г. Пановко – М.: Машиностроение, 1988. – 832 с.

**AXIAL MOVINGS AT GRINDING BEARING RINGS**

Tyshkevich V.N., Orlov S.V., Svetlichnaja V.B., Kostin V.E.

*Volzhsky polytechnical institute (branch) of Volgograd state technical university, Russia*

Formulas for the maximal movings to an axial direction bearing rings from action of a magnetic field of a table and efforts of a grinding circle are received at grinding by a face surface of a circle. Formulas are recommended to be used for definition of optimum modes of technological process of grinding.

Keywords: grinding, bearings, rings