

Расчет посадки с натягом

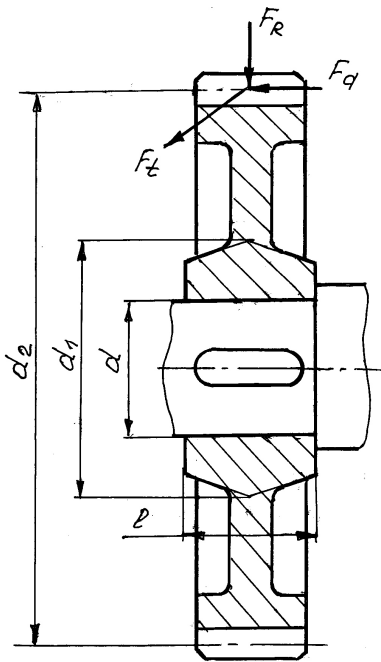


Рисунок 1

Условие задачи:

- колесо цилиндрическое косозубое, передача момента шпоночным соединением (рис.1);

- действующая нагрузка: $F_t = 5800$ Н, $F_r = 2900$ Н, $F_a = 900$ Н;

- размеры соединяемых деталей: $d = 70$ мм; $d_1 = 120$ мм; $d_2 = 270$ мм; $d_0 = 0$ мм (вал сплошной); $l = 80$ мм; эксцентриситет $e = 0$ мм;

- материал вала – сталь 45: $\mu_1 = 0,3$; $E_1 = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па; $\sigma_{T1} = 5,4 \cdot 10^8$ Па;

- материал отверстия (колесо зубчатое) – сталь 40Х: $\mu_2 = 0,3$; $E_2 = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па; $\sigma_{T2} = 7,5 \cdot 10^8$ Па.

Производим расчет посадки с натягом из условия нераскрытия стыка.

Необходимое контактное давление из условия нераскрытия стыка для косозубого цилиндрического колеса ([4], стр. 65)*:

$$p = k \cdot \left(\frac{2 \cdot F_r}{\pi \cdot d \cdot l} + \frac{12 \cdot e \cdot F_r}{\pi \cdot d \cdot l^2} + \frac{6 \cdot F_a \cdot d_2}{\pi \cdot d \cdot l^2} \right) =$$

$$= 1,5 \cdot \left(\frac{2 \cdot 2900}{\pi \cdot 0,07 \cdot 0,08} + \frac{12 \cdot 0 \cdot 2900}{\pi \cdot 0,07 \cdot 0,08^2} + \frac{6 \cdot 900 \cdot 0,27}{\pi \cdot 0,07 \cdot 0,08^2} \right) = 1,4 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

где $k = 1,5$ – коэффициент запаса ([4], стр. 75)**.

Определяем требуемую деформацию:

$$\delta = p \cdot d \cdot \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right) \cdot 10^6 \text{ (мкм)}.$$

Коэффициенты

$$C_1 = \frac{1 + (d_0/d)^2}{1 - (d_0/d)^2} - \mu_1 = \frac{1 + (0/70)^2}{1 - (0/70)^2} - 0,3 = 0,7.$$

$$C_2 = \frac{1 + (d/d_1)^2}{1 - (d/d_1)^2} + \mu_2 = \frac{1 + (70/120)^2}{1 - (70/120)^2} + 0,3 = 2,33.$$

$$\delta = 1,4 \cdot 10^6 \cdot 0,07 \cdot \left(\frac{0,7 + 2,33}{2,1 \cdot 10^{11}} \right) \cdot 10^6 = 1,8 \text{ мкм}$$

Поправка на смятие микронеровностей, полагая, что детали изготавливаются по 6-7 квалитетам точности:

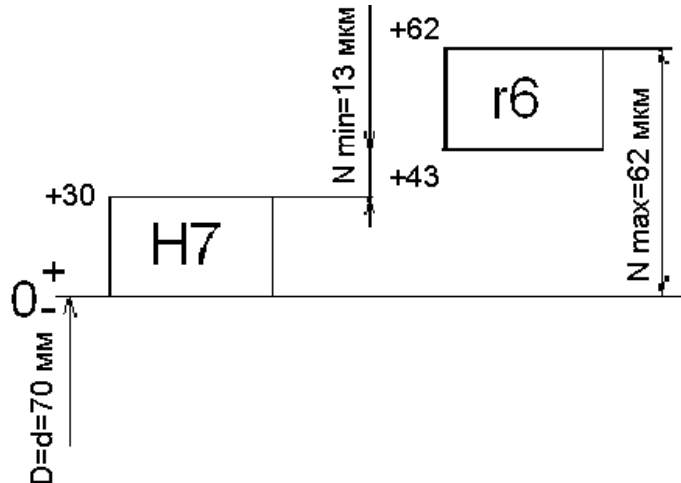
$$u = k_1 \cdot Ra_1 + k_2 \cdot Ra_2 = 6 \cdot (0,4 + 0,8) = 7,2 \text{ мкм},$$

где $k_1 = k_2 = 6$, $Ra_1 = 0,4 \text{ мкм}$, $Ra_2 = 0,8 \text{ мкм}$ ([4], стр. 52)***.

Минимальный натяг: $N_{min} = \delta + u = 1,8 + 7,2 = 9,0 \text{ мкм}$.

Задаемся посадкой H7/r6, для которой $N_{pmin} = 15 \text{ мкм}$ ([5], стр. 54).

Схема полей допусков: $N_{min} = 13 \text{ мкм}$; $N_{max} = 62 \text{ мкм}$.



Проверяем контактную прочность деталей:

$$[p]_1 = \sigma_{T1} \cdot 0,58 \cdot \left(1 - \frac{d_0^2}{d^2}\right) = 7,5 \cdot 10^8 \cdot 0,58 \cdot \left(1 - \frac{0^2}{70^2}\right) = 4,35 \cdot 10^8 \text{ Па};$$

$$[p]_2 = \sigma_{T2} \cdot 0,58 \cdot \left(1 - \frac{d^2}{d_1^2}\right) = 5,4 \cdot 10^8 \cdot 0,58 \cdot \left(1 - \frac{70^2}{120^2}\right) = 2,1 \cdot 10^8 \text{ Па};$$

$$[p]_{min} = [p]_2 = 2,1 \cdot 10^8 \text{ Па}.$$

Максимально допустимый натяг:

$$[N_{max}] = [p]_2 \cdot d \cdot \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right) \cdot 10^6 = 2,1 \cdot 10^8 \cdot 0,07 \cdot \left(\frac{0,7 + 2,33}{2,1 \cdot 10^{11}}\right) \cdot 10^6 = 212 \text{ мкм}$$

$$[N_{max}] = 212 \text{ мкм} > N_{max} = 62 \text{ мкм}.$$

Определяем максимальное усилие запрессовки:

$$F_{\pi} = \pi \cdot d \cdot l \cdot p_{max} \cdot f_{\pi},$$

где p_{max} – контактное давление, соответствующее максимальному натягу выбранной посадки.

$$p_{max} = \frac{(N_{max} - u) \cdot p}{\delta} = \frac{(62 - 7,2) \cdot 1,4 \cdot 10^6}{1,8} = 4,3 \cdot 10^7 \text{ Па}$$

$f_{\pi} = 0,22$ – коэффициент трения при прессовании сталь-сталь ([4], стр. 54)

$$F_{\pi} = \pi \cdot 0,07 \cdot 0,08 \cdot 4,3 \cdot 10^7 \cdot 0,22 = 166400 \text{ Н} = 166,4 \text{ кН}.$$

Примечания:

* - необходимое контактное давление из условия нераскрытия стыка для прямозубого цилиндрического колеса $p = k \cdot \left(\frac{2 \cdot \sqrt{F_R^2 + F_t^2}}{\pi \cdot d \cdot l} + \frac{12 \cdot e \cdot \sqrt{F_R^2 + F_t^2}}{\pi \cdot d \cdot l^2} \right);$

- необходимое контактное давление для передачи требуемой нагрузки

$$p = \frac{k \cdot F_t \cdot d_2}{\pi \cdot d^2 \cdot l \cdot f}, f \text{ принимаем равным } 0,07.$$

** - коэффициент запаса по нераскрытию стыка $k = 1,25 \dots 1,5$; коэффициент запаса сцепления по условию передачи требуемой нагрузки $k = 3 \dots 4$.

*** - значения Ra мкм берут из таблицы

Точность деталей (квалитет)	Поверхность	Ra , мкм (не более) при номинальных размерах, мм		
		до 50 мм	св. 50 до 120 мм	св. 120 до 500 мм
6...7	Вал	0,4	0,8	1,6
	Отверстие	0,8	1,6	1,6
8	Вал	0,8	0,8	1,6...3,2
	Отверстие	1,6	1,6	1,6...3,2

k_1 и k_2 – коэффициенты, при $Ra > 1,25$ $k = 5$, при $Ra \leq 1,25$ $k = 6$.