

БУТКО О.Н., СИЗЫЙ Ю.А., докт. техн. наук

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ САМООСЦИЛИРУЮЩЕГО КРУГА

При работе самоосцилирующего круга он нагружен центробежными силами и силой резания (шлифования). При вращении круга с угловой скоростью ω центробежные силы стремятся разорвать его. Если круг принимать как плоский диск с центральным отверстием, то в таком диске от центробежных сил возникают окружные σ_θ и радиальные σ_r напряжения, рассчитываемые по следующим формулам (1) :

$$\begin{aligned} \sigma_r \Big|_{R_1} &= \frac{3+\mu}{8} \cdot \rho \omega^2 \left[R^2 + r^2 - \frac{r^2 R^2}{R_1^2} - R_1^2 \right]; \\ \sigma_\theta \Big|_{R_1} &= \frac{3+\mu}{8} \cdot \rho \omega^2 \left[R^2 + r^2 - \frac{r^2 R^2}{R_1^2} - \frac{1+3\mu}{3+\mu} R_1^2 \right]; \end{aligned} \quad (1)$$

где ρ – плотность материала круга;

R_1 – текущее значение радиуса круга;

R, r – радиусы наружной и внутренней поверхностей круга;

μ – коэффициент Пуассона.

Поскольку торцы круга не перпендикулярны оси вращения, то центробежные силы F_c действуют не в плоскости круга, а под углом β . Поэтому центробежную силу можно разложить на две составляющие, направленные одна в плоскости круга F_{c1} , а другая перпендикулярно плоскости круга F_{c2} . Сила F_{c1} , пытается разорвать круг, а сила F_{c2} пытается изогнуть круг.

Напряжения σ_θ на поверхности отверстия круга определяют его прочность от центробежных сил. Полезно оценить какую окружную скорость выдерживает круг на бакелитовой связке для дальнейшей оценки прочности его при совместном воздействии центробежных сил и сил резания.

Предельная окружная скорость круга составляет ≈ 95 м/с.

Так как круг наклонен на угол β , то центробежные силы создают момент M_c изгибающий круг см. формулу (2):

$$M_c = \rho \cdot \omega^2 \left[\operatorname{tg} \beta \cdot \int_r^R R^3 dR \cdot \int_0^\pi \sin^2 \alpha d\alpha \cdot \int_{-\frac{B}{2}}^{\frac{B}{2}} dz + \int_r^R R^2 dR \cdot \int_0^\pi \sin \alpha d\alpha \cdot \int_{-\frac{B}{2}}^{\frac{B}{2}} z dz \right] \quad (2)$$

Центробежные силы кроме момента M_c создают распределенную нагрузку нормальную к торцам круга. Эта нагрузка может быть рассчитана на основе элементарной составляющей центробежной силы F_c см. формулу (3):

$$F_c = \rho \cdot \omega^2 \left[\operatorname{tg} \beta \cdot \int_{R_1}^R R^3 dR \cdot \int_\alpha^{\pi-2\alpha} \sin^2 \alpha d\alpha \cdot \int_{-\frac{B}{2}}^{\frac{B}{2}} dz \right] = \rho \omega^2 \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot B \cdot \frac{R^3 - R_1^3}{3} \cdot (\cos 2\alpha + \cos \alpha) \quad (3)$$

Проверку прочности производим по наибольшим нормальным напряжениям:

$$\sigma_A \leq \sigma$$

Поскольку $[\sigma] = 2 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$ [2], то для рассмотренного примера имеется примерно пятнадцатикратный запас прочности $\frac{2 \cdot 10^7}{1,279 \cdot 10^6} \approx 15$.

Таким образом, напряжения не являются опасными с точки зрения прочности круга, т.к. напряжения σ_θ на радиусе R_2 в плоскости осей ХУ будет выше ($\sigma_\theta = 1,115 \cdot 1,477 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$). Но и по этим напряжениям для рассмотренного примера имеется примерно тринадцатикратный запас прочности.

Представляет интерес влияние угла наклона круга β и его размеров R_1 , R_2 , B на предельные напряжения, т.е. на прочность круга.

Список литературы: 1. Демьянушко И.В., Баргер И.А. « Расчет на прочность вращающихся дисков» М.,Машиностроение,1978,247с.; 2. Беляев Н.М. « Сопrotивление материалов » М., Машиностроение, 1982, 265с.; 3. Сизый Ю.А., Сталинский Д.В., Таран С.В. «Динамика обдирочного шлифования самоосцилирующим кругом» «Восточно-европейский журнал передовых технологий» 1/1(25) 2007, с.50-60.