

ШАРИКОВАЯ ФРИКЦИОННАЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНАЯ МУФТА

С.Н. Рогачевский

*Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. Н.И.Рогачевский
(Могилевский машиностроительный институт)*

Предохранительные муфты служат для защиты элементов машин от воздействия перегрузок; они срабатывают при возрастании крутящего момента выше допустимого значения. Наличие такой муфты в кинематической цепи позволяет более строго определять расчетные параметры при проектировании машин, что приводит к снижению запасов их прочности и веса. В машиностроении наиболее распространены дисковые фрикционные предохранительные муфты, так как они имеют значительные преимущества перед другими муфтами этого класса, например, кулачковыми [1]. Анализ литературы по муфтам показал, что они также не лишены недостатков, главными из которых являются сложность конструкции, высокая трудоемкость изготовления, а значит и высокая стоимость.

С целью устранения указанных недостатков разработана предохранительная фрикционная муфта, основными конструктивными элементами которой являются два стандартных подшипника качения. В передаче крутящего момента принимают участие фрикционные пары:

тела качения – внутреннее и внешнее кольца одного из подшипников (основного). Состоит муфта из корпуса с внешней конической поверхностью, основного подшипника с запрессованной в него втулкой, нажимного устройства в виде нажимного подшипника, пружины, стяжной втулки, шпильки и гайки, сепараторного диска. При этом внешнее кольцо основного подшипника, запрессованное в корпус, заблокировано посредством корпуса с сепараторным диском, представляющим собой круглую пластину с ввернутыми в осевом ее направлении винтами, торцы которых расположены во впадинах сепаратора. Величину передаваемого момента T устанавливают затяжкой пружины нажимного устройства до длины L , которая нагружает основной подшипник осевым усилием F_a (до 70% его статической грузоподъемности [2]) для создания давления (трения) во фрикционных парах (шарики – кольца). Взаимосвязь между необходимым T , создаваемым при этом F_a и установочной величиной L следующая:

$$L = L_0 - \lambda_{\text{п}} \cdot F_a,$$

где L_0 – длина ненагруженной пружины; $\lambda_{\text{п}}$ – коэффициент осевой податливости пружины.

$$F_a = z \cdot F_{\text{ш}} \cdot \sin \alpha,$$

где z – число шариков в подшипнике; $F_{\text{ш}}$ – сила сжатия шарика кольцами подшипника:

$$F_{\text{ш}} = \frac{2 \cdot K \cdot T}{z \cdot f_k \cdot d_1},$$

здесь $K=1,15$ – коэффициент запаса сцепления [3]; $f_k = 0,04 \dots 0,05$ – коэффициент трения шариков по кольцам [2]; d_1 – диаметр дорожки качения внутреннего кольца подшипника [2]; α – угол контакта шариков с дорожками качения колец подшипника [3]:

$$\alpha = \arcsin \frac{0,25 \cdot S}{r_{\text{в}} - r_{\text{ш}} + 0,5 \cdot (\Delta_1 + \Delta_2)},$$

здесь S – осевое смещение колец

$$S = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot (r_{\text{в}} - r_{\text{ш}}) \cdot [2 \cdot (\Delta_1 + \Delta_2) + \Delta_{\text{п}}]},$$

где r_{θ} – радиус дорожки качения в сечении ее осевой плоскостью подшипника [2]:

$$r_{\theta} = 1,04 \cdot r_{ш},$$

здесь $r_{ш}$ – радиус шарика; Δ_1 и Δ_2 – сближения центров фрикционных пар соответственно шарик – внутреннее кольцо и шарик – внешнее кольцо под действием усилия $F_{ш}$ [3]

$$\Delta_1 = 49 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt[3]{\frac{2 \cdot F_{ш}^2}{r_{ш}}},$$

$$\Delta_2 = 47 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt[3]{\frac{2 \cdot F_{ш}^2}{r_{ш}}};$$

Δ_{Π} – посадочный зазор в подшипнике с учетом увеличения диаметра дорожки качения внутреннего кольца после посадки на вал [3:]

$$\Delta_{\Pi} = \Delta_{15} - \frac{0,071}{\sqrt[3]{2 \cdot z^2 \cdot r_{ш}}} - 0,7 \cdot N,$$

здесь Δ_{15} – контрольный радиальный зазор в подшипнике при нагрузке 150 Н [2]; N – натяг между внутренним кольцом подшипника и валом с учетом сглаживания неровностей при посадке.

Спроектирована и изготовлена муфта на базе основного радиального шарикового подшипника №210. Исходя из допускаемых рабочих контактных напряжений $\sigma_{HP1} = 1200 \text{ МПа}$ в паре шарик – внутреннее кольцо [3]:

$$500 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,4 \cdot F_{ш}}{r_{ш}^2}} \leq \sigma_{HP1},$$

установлено по изложенным выше формулам, что ее можно отрегулировать на величину крутящего момента T из интервала [0; 19,68] Н·м. С целью удвоения момента T из интервала необходимо установить вместо нажимного второй основной подшипник №210, заблокировав сепаратор с корпусом муфты посредством сепараторного диска.

Муфта испытана на стенде, состоящем из электродвигателя, редуктора, на выходном валу которого закрепляется исследуемая муфта (ее ведущая часть). Вал, соединенный с ведомой частью муфты, установлен на подшипниках внутри выходного вала редуктора. На

другом конце этого вала закреплен барабан тормоза. Прижимая к его поверхности тормозные колодки, создают момент трения, который передается муфтой. Тормоз балансирный. При прижатии колодок к барабану, последний увлекает их совместно с рычагом силами трения, но от проворачивания они удерживаются динамометрической пружиной, величина деформации которой пропорциональна величине момента на тормозе. Деформация фиксируется индикатором, по показаниям которого определяют тормозной момент по зависимости

$$T_m = \mu \cdot m,$$

где μ – тарировочный коэффициент индикатора; m – число делений индикатора.

Испытания муфты на стенде проводились при $F_a = 200$, $F_a = 400$ Н и $F_a = 600$ Н. Для каждой из затяжек пружины опыты повторялись десять раз. Исходя из результатов испытаний определены два характерных параметра:

1) коэффициент точности срабатывания муфты

$$K_T = \frac{T_{c \min}}{T_{c \max}},$$

где $T_{c \min}$ и $T_{c \max}$ – соответственно минимальное и максимальное значения момента срабатывания муфты по данным десяти опытов;

2) коэффициент срабатывания муфты

$$K = \frac{T_c}{T},$$

где T_c – среднее (за десять опытов) значение момента срабатывания.

Полученные значения K_T и K для всех указанных величин F_a находятся в пределах, обусловленных ГОСТом 15622-77 «Муфты предохранительные фрикционные общего назначения».

Если на коническую часть корпуса муфты установить коническое кольцо и соединить его с сепараторным диском, то получим передаточный механизм, выполняющий функции не только предохранительной муфты, а и реверса, редуктора (или мультипликатора). Изменение направления и частоты вращения ведомой части механизма производится путем разблокирования корпуса с сепараторным диском и остановки последнего с помощью выжимной вилки [4,5].

Список литературы

1. Справочник по муфтам / Под редакцией В.С. Полякова. – 2-е изд., испр. и доп. – Л.: Машиностроение, 1979.
2. Подшипники качения: Справочник-каталог / Под ред. В.Н. Нарышкина, Р.В. Коросташевского. – М.: Машиностроение, 1984.

3. Терехов А.П., Полякевич В.Г. Шариковые планетарно-фрикционные редукторы. – М.: Машиздат, 1955.

4. Рогачевский Н.И., Рогачевский С.Н. Передаточный механизм // Современные направления развития производственных технологий и робототехника: Материалы международной науч.-техн. конф. – Могилев, 1999. – С.198.

5. Рогачевский С.Н. Подшипниковые передаточные механизмы // Техника и технология пищевых производств: Материалы 2-й международной науч. конф. студентов и аспирантов. – Могилев, 1999. – С.10.