

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

С.Г. Чулкин, М.М. Радкевич, А.Д. Бреки, И.В. Соловьева
ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет», Россия

Введение. Вопросы, связанные с определением потерь на трение в подшипниках качения в зависимости от состава и свойств используемых для их смазывания масел, представляют интерес для многих отраслей современного машиностроения. Известно [1], что в подшипниках качения наблюдаются такие виды потерь, как потери на упругий гистерезис в зонах контакта тел качения с беговыми дорожками колец, потери на трение скольжения между телами качения и сепаратором, кольцами подшипников и сепаратором (для некоторых типов подшипников). Потери на трение возникают также между торцами роликов и упорной поверхностью внутреннего кольца (для роликовых радиально-упорных подшипников), на площадках контакта, они обусловлены разностью мгновенных скоростей колец и тел качения (так называемое «дифференциальное трение») [2], а также верчением шариков. Особое место занимают потери на трение в смазочном материале, заполняющем гнезда сепараторов, площадки контакта и окружающем рабочие элементы подшипника. В этом случае имеет место преодоление гидравлического сопротивления.

Смазочные материалы, используемые для смазывания подшипников качения, имеют различные антифрикционные свойства и в разной степени снижают потери на трение. Различаются и потери на трение при различных концентрациях присадок в легированных маслах. В связи с возникновением новых масел и смазочных композиций возникнет необходимость исследования их влияния на триботехнические характеристики подшипников качения.

Метод исследования. На кафедре «Машиноведение и детали машин» на экспериментальной установке ДМ-28М (рис. 1) производятся исследования влияния смазочных материалов на триботехнические свойства подшипников качения.

Установка позволяет определять характеристики трения покоя, а также проводить испытания при частоте вращения вала $0 < n \leq 800$ об/мин и суммарной нагрузке на подшипники $0 < F \leq 8000$ Н. В настоящее время проводятся испытания радиальных шариковых подшипников 208 серии с динамической грузоподъемностью $C = 32000$ Н и статической грузоподъем-

емностью $C_{00} = 17800 \text{ Н}$ в указанных интервалах значений суммарной нагрузки и частоты. Смазывание осуществляется при нормальном уровне масла (центр нижнего тела качения).

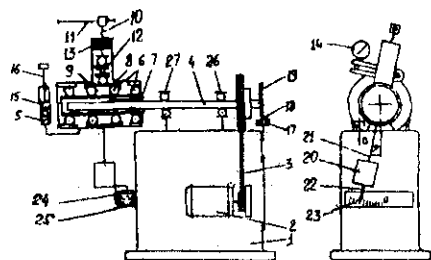


Рис. 1. Схема установки ДМ-28М:

1 – литой корпус, 2 – электродвигатель, 3 – ременная передача, 4 – вал, 5 – резервуар для масла, 6 – испытуемые подшипники, 7 – общая втулка, 8 – стакан, 9 – корпус, 10 – нагружающий винт, 11 – вороток, 12 – динамометр, 13 – гайка, 14 – индикатор, 15 – поршень, 16 – винт, 17 – фоторезистор, 18 – электролампа, 19 – диск, 20 – груз, 21 – штанга, 22 – стрелка, 23 – шкала моментов, 24 – попатка, 25 – масляная ванна

В ходе экспериментальной части исследования по шкале 23 определяются значения моментов трения $T_{q,i,j}$, $q = 1, 2, 3, \dots, p$ (количество повторений опыта при фиксированных значениях частоты и нагрузки), при различных значениях суммарной нагрузки F_j , $j = 1, 2, 3, \dots, m$ (количество нагрузок, равное количеству серий испытаний) и частоты вращения вала n_i , $i = 1, 2, 3, \dots, k$ (количество значений частоты в одной серии испытаний). Одна серия испытаний осуществляется при фиксированном значении F_j и k различных значениях частоты, при каждом из которых определяется p значений момента трения $T_{q,i,j}$. Перед началом j -той серии испытаний производится замер температуры смазочной композиции τ_j ($^{\circ}\text{C}$), а в конце фиксируется время реализации серии t_j (мин). Полученные значения моментов, температуры, времени и исходные данные заносятся в таблицу результатов j -той серии испытаний.

| n (об/мин) | n_1 | n_2 | ... | ... | n_{i-1} | n_i | ... | n_k |
|---------------------------------|-------------------------------------|-------------|-----|-----|---------------|-------------|---------------|-------------|
| τ_j ($^{\circ}\text{C}$) | F_j , (Н) $j = 1, 2, 3, \dots, m$ | | | | | | t_j , (мин) | |
| T (Н·мм) | $T_{1,1,j}$ | $T_{1,2,j}$ | ... | ... | $T_{1,i-1,j}$ | $T_{1,i,j}$ | ... | $T_{1,k,j}$ |
| | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| F_{mp} (Н) | $T_{p,1,j}$ | $T_{p,2,j}$ | ... | ... | $T_{p,i-1,j}$ | $T_{p,i,j}$ | ... | $T_{p,k,j}$ |
| | $F_{1,1,j}$ | $F_{1,2,j}$ | ... | ... | $F_{1,i-1,j}$ | $F_{1,i,j}$ | ... | $F_{1,k,j}$ |
| f | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | $F_{p,1,j}$ | $F_{p,2,j}$ | ... | ... | $F_{p,i-1,j}$ | $F_{p,i,j}$ | ... | $F_{p,k,j}$ |
| | $f_{1,1,j}$ | $f_{1,2,j}$ | ... | ... | $f_{1,i-1,j}$ | $f_{1,i,j}$ | ... | $f_{1,k,j}$ |
| | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | $f_{p,1,j}$ | $f_{p,2,j}$ | ... | ... | $f_{p,i-1,j}$ | $f_{p,i,j}$ | ... | $f_{p,k,j}$ |

Обработка результатов исследования. После проведения экспериментальной части работы определяются приведенные коэффициенты и силы трения в испытуемых подшипниках, соответствующие $T_{q,i,j}$, F_j и n_i . В подшипниках качения силы трения приводятся к внутреннему диаметру подшипника. Приведенный коэффициент трения

$$f = \frac{F_{mp}}{F_n}, \quad (1)$$

где F_{mp} – сила трения (Н), отнесенная к внутреннему диаметру подшипника, F_n – сила (Н), действующая на подшипник. Учитывая, что $T_n = F_{mp} \cdot \frac{d}{2}$, выражение (1) можно записать в виде

$$f = \frac{2 \cdot T_n}{d \cdot F_n}, \quad (2)$$

где T_n – момент сил трения подшипника (Нмм), d – внутренний диаметр подшипника (мм).

В установке ДМ-28М подшипники расположены симметрично относительно плоскости приложения силы. В связи с этим без учета собственного веса деталей можно считать, что каждый из них нагружен силой

$$F_n = 0,5 \cdot F, \quad (3)$$

где F – осевая сила на винте. Момент сил трения подшипника T_n связан с моментом сил трения T , измеренным по шкале 23 соотношением

$$T_n = 0,25 \cdot T. \quad (4)$$

Используя равенства (3) и (4), формулу (2) можно переписать в виде

$$f = \frac{T}{d \cdot F}. \quad (5)$$

Поскольку $F_{mp} = f \cdot F$, то с учетом (5) силу трения можно выразить следующим образом

$$F_{mp} = \frac{T}{d} \quad (6)$$

При использовании результатов j -той серии испытаний, исходных данных и формул (5) и (6) производится полное заполнение таблицы результатов, приведенной выше. На основании данных таблицы устанавливаются зависимости силы трения и коэффициента трения от частоты вращения вала и суммарной нагрузки на подшипники: $f = g(F)$, $f = s(n)$, $F_{mp} = p(F)$, $F_{mp} = q(n)$. Эти зависимости выявляются и сравниваются для различных смазочных материалов.

Выводы

1. Разработанная методика позволяет проводить исследование влияния различных смазочных материалов на триботехнические характеристики шариковых и роликовых подшипников качения.

2. На основе полученных в результате исследования зависимостей представляется возможным подбирать оптимальные смазочные материалы для подшипников, работающих в конкретных условиях нагружения.

Литература

1. Гаркунов, Д.Н. Триботехника / Д.Н. Гаркунов. – М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.
2. Розенберг, Ю.А. Влияние смазочных масел на долговечность и надежность деталей машин / Ю.А. Розенберг. – М.: Машиностроение, 1970. – 315 с.

УДК 621.785.5

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ НА СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЯХ ИЗНОСОСТОЙКИХ БОРИДНЫХ ПОКРЫТИЙ С ПОНИЖЕННОЙ ХРУПКОСТЬЮ

М.В. Ситкевич

Белорусский национальный технический университет, Минск

В работе показаны некоторые результаты исследований, раскрывающие новые возможности структурного регулирования при использовании для повышения долговечности различных видов быстроизнашивающихся деталей разработанных технологических процессов многокомпонентного упрочнения с диффузионным насыщением в порошковых смесях и обмазках, не требующих применения специального оборудования.

Наиболее существенные структурные изменения в поверхностных слоях стальных деталей можно обеспечить процессами диффузионного насыщения бором и кремнием (борирование, боросилицирование) при температурах 900 – 1000 °С в специально разработанных обмазках, которые наносятся тонким слоем только на рабочую часть крупногабаритных деталей. В случае ХТО мелкогабаритных деталей или образцов целесообразно использование особого типа порошковых смесей, которые после засыпки ими изделий в негерметизируемых контейнерах эффективно функционируют в окислительной воздушной печной среде без использования каких либо защитных средств.