

УДК 621.892

## ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С УЛЬТРАДИСПЕРСНЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

© 2013 С.Г. Докшанин

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Поступила в редакцию 13.03.2013

Рассматривается возможность повышения трибологических свойств пластичных смазочных материалов, применяемых в подшипниках качения, за счет введения в них ультрадисперсного порошка. Представлены результаты анализа распределения температуры в роликовых подшипниках качения.

Ключевые слова: *пластичный смазочный материал, антифрикционные свойства, ультрадисперсный наполнитель, узел трения*

При разработке новых смазочных композиций на основе серийно выпускаемых пластичных смазочных материалов в качестве наполнителей эффективно используются вещества с ультрадисперсными частицами, например ультрадисперсные порошки алмазографита (УДПАГ). Наилучшие антифрикционные и противоизносные свойства с такими наполнителями проявляются в жестких условиях эксплуатации узлов трения. Положительные результаты различных исследований показали, что смазочные материалы, модифицированные подобными наполнителями, могут с успехом использоваться в подшипниковых опорах, зубчатых передачах, шарнирных соединениях и других тяжело нагруженных узлах трения [1]. Одним из важных факторов, определяющих безотказную работу трибоузла, является температурный режим. Воздействие температуры в сочетании с экстремальными нагрузками ухудшает свойства смазочных материалов. При значительном повышении температуры в зоне фактического контакта тел смазочный материал может происходить разрушение защитных смазочных слоев с последующим схватыванием поверхностей [2].

**Цель исследований:** оценка возможности использования пластичных смазочных материалов с наполнителем из ультрадисперсного порошка алмазографита (УДПАГ) для улучшения эксплуатационных параметров опор с подшипниками качения.

Испытания выполнялись на лабораторной установке, моделирующей работу подшипникового узла при однонаправленном вращении подшипника. В качестве образцов были взяты радиальные роликоподшипники типа 2308 с короткими цилиндрическими роликами. На рис. 1а представлена схема испытательного узла. Он состоит из корпуса 6, крышки 7 и внутренней втулки 2, фиксированной на валу 1 с помощью шпонки. На втулке

расположены опорные подшипники 4 и установленные в наружной втулке 5 испытуемые подшипники 3. Радиальная нагрузка на роликовых подшипниках создается винтом 8 через упругую пружину 9 и цилиндр 10, который давит на наружную втулку. Исследования смазочных свойств проводились при радиальных нагрузках от 0,5 до 2,5 кН, частота вращения внутреннего кольца изменялась от 960 до 1800 об/мин, внешнее кольцо неподвижно.

Для создания смазочных композиций использовался товарный пластичный смазочный материал марки Литол-24. Это многоцелевая смазка, загущенная литиевым мылом 12-гидроксистеариновой кислоты, широко применяется в подшипниках качения и скольжения всех типов, в шарнирах, зубчатых и других передачах, для смазывания трущихся поверхностей механизмов различного назначения, имеет удовлетворительную механическую стабильность и работоспособна в широком интервале температур. В качестве наполнителя использовался ультрадисперсный порошок алмазографита. Он представляет углеродсодержащий конденсированный продукт, полученный методом детонационного синтеза в среде углекислого газа (ТУ 40-2067910-01-91). Доля графита составляет до 80% продукта взрыва, остальная часть находится в виде высокодисперсной алмазоподобной фазы. Порошок, используемый в качестве наполнителя, представляет собой углеродную смесь с размером частиц от 7 до 100 нм. Для уточнения влияния фракции исследуемого наполнителя на эксплуатационные свойства смазочного материала были составлены две группы смазочных композиций: с размером частиц порошка алмазографита от 7 до 60 нм (группа Ф1) и с размером частиц от 60 до 100 нм (группа Ф2). Объем закладываемого в подшипники качения смазочного материала составлял 1/3 объема свободного пространства. Исследования проводились при наиболее оптимальной концентрации УДПАГ 1% от массы смазочного материала.

*Докшанин Сергей Георгиевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Прикладная механика». E-mail: Sergey\_dokshinin@mail.ru*

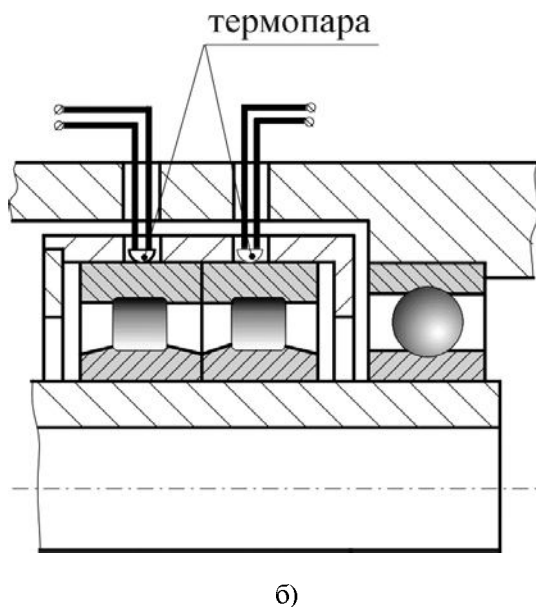
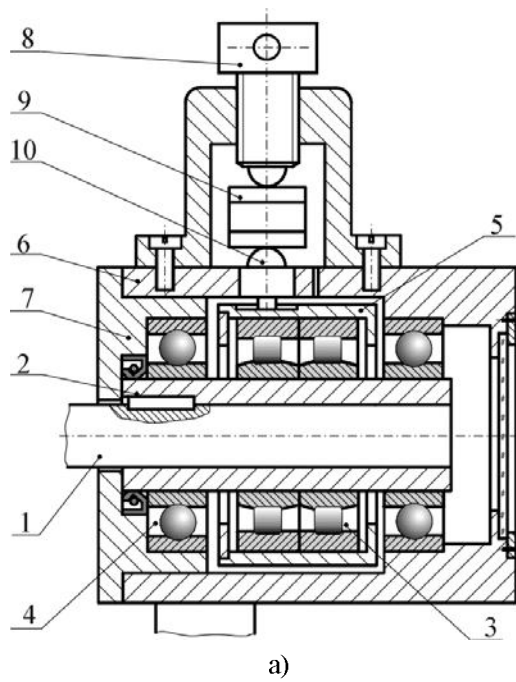


Рис. 1. Схемы испытательного подшипникового узла (а) и способа определения температуры подшипника (б)

Температура внешних колец каждого подшипника во время испытаний измерялась при помощи хромель-копелевых термопар с термоэлектродами диаметром 0,5 мм (рис. 1б). В начале каждого испытания подшипники прокручивались без нагрузки в течение 10-15 мин для удаления лишнего смазочного материала и равномерного распределения оставшегося по контактирующим поверхностям колец и тел качения. По результатам испытаний определялась разница температур  $\Delta T$  между данными текущих замеров  $T_i$  и начальной температурой  $T_0$ .

Представленные на рис. 2 зависимости получены для радиальных нагрузок от 0,5 до 2,5 кН при частоте вращения внутреннего кольца 1200

об/мин. Графики показывают, что приращение температуры после 1-1,5 часов испытаний начинает замедляться, а после 2,5 часов рабочая температура подшипника стабилизируется. При этом в подшипниках качения, в которых применялся смазочный материал с ультрадисперсным наполнителем, отмечается снижение температуры на 26-32% в сравнении с базовым смазочным материалом. Некоторое повышение температуры для смазочных композиций с УДПАГ наблюдается в начале испытаний, что связано с ростом момента трения в режиме приработки. Быстрый нагрев и повышение коэффициента трения связаны с увеличением интенсивности приработочного износа в начальный период работы подшипника.

Если дать оценку полученным результатам в целом, то зависимости изменения температуры подшипников для рассматриваемых пластичных смазочных материалов имели однотипный характер, но различались по абсолютным значениям, зависящим от радиальной нагрузки и скорости вращения внутреннего кольца.

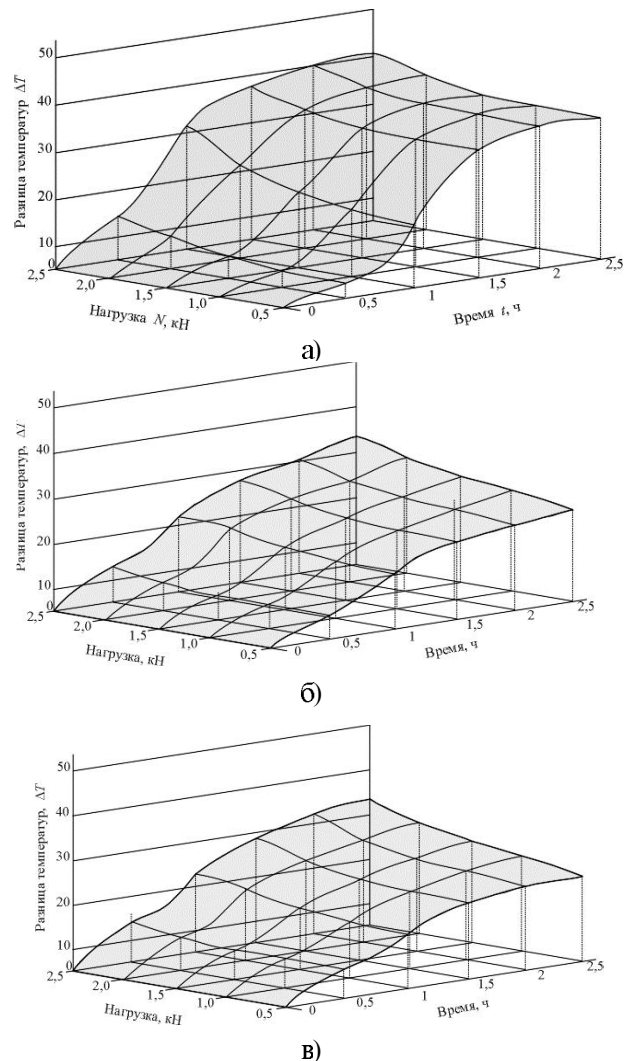


Рис. 2. Зависимости изменения приращения температуры в подшипнике качения от нагрузки: а) для Литол-24; б) для Литол-24+УДПАГ (Ф1); в) для Литол-24+УДПАГ (Ф2)

Средняя температура подшипников качения при использовании смазочного материала Литол-24 без наполнителя составляла 55-65°C, для смазочных композиций с ультрадисперсным наполнителем – 47-53°C. Использование ультрадисперсного алмазографита в качестве добавки к пластичным смазкам позволяет снизить рабочую температуру подшипникового узла на 25-20%, при этом размер фракции вносимого наполнителя оказывает на температуру влияние незначительное и только при повышении нагрузки.

Влияние температурного режима для работы подшипников качения очень значимо. Если при нормальных условиях работы причина потери работоспособности подшипника качения является усталостные повреждения, то при критических режимах нагрузки и скорости будет наблюдаться рост температуры, приводящей к разрушению смазочных пленок. Интенсивность разрушения данных пленок зависит от тангенциальных усилий, действующих на площадке контакта. К таким усилиям относятся силы трения, возникающие при проскальзывании роликов по дорожкам качения колец. С ростом сил трения или с повышением скорости скольжения на контакте начинает увеличиваться мощность трения, что приводит к интенсивному тепловыделению и росту температуры на поверхности трения. При нагреве происходит снижение твердости поверхностного слоя и его пластическая деформация. Эти процессы приводят к разрушению и удалению смазочных пленок, которые образуются в процессе работы на трущихся поверхностях за счет адгезионных сил. Поскольку результатом роста сил трения является повышение рабочей температуры подшипника качения, это приводит к снижению вязкости смазочного материала, уменьшению толщины смазочной пленки, а в случае недостаточного смазывания или его отсутствия и к возможному схватыванию поверхностей [3].

Введенный в смазочный материал ультрадисперсный порошок алмазографита за счет своей

высокой поверхностной энергии имеет хорошую адгезионную способность и сможет при жесточенной эксплуатационных режимах удерживать граничный смазочный слой на трущихся поверхностях, упрочнить масляную пленку и экранировать открытые участки металлических поверхностей. Модифицированные пластичные смазочные материалы за счет введения нерастворимых ультрадисперсных наполнителей обеспечивают смазочному материалу высокие антифрикционные и противозносные свойства. Поскольку результатом роста сил трения является повышение рабочей температуры подшипника качения, это приводит к снижению вязкости смазочного материала, уменьшению толщины смазочной пленки, а в случае недостаточного смазывания или его отсутствия и к возможному схватыванию поверхностей.

**Выводы:** созданные на основе пластичного смазочного материала Литол-24 смазочные композиции, в которых в качестве наполнителя применялся ультрадисперсный порошок алмазографита, оказываются весьма эффективны при работе подшипников качения, эксплуатирующихся в условиях ограниченной смазки. Они способны снизить рабочую температуру подшипника до 25-30%, что способствует установлению оптимального теплового режима и повышению работоспособности узла.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Терентьев, В.Ф. Трибонадежность подшипниковых узлов в присутствии модифицированных смазочных композиций / В.Ф. Терентьев, Н.В. Еркаев, С.Г. Докшанин. – Новосибирск: Издательство «Наука» СО РАН, 2003. 142 с.
2. Розенберг, Ю.А. Влияние смазочных масел на надежность и долговечность машин / Ю.А. Розенберг. – М.: Машиностроение, 1970. 315 с.
3. Дроздов, Ю.Н. Трение и износ в экстремальных условиях / Ю.Н. Дроздов, В.Г. Павлов, В.Н. Пучков. – М.: Машиностроение, 1986. 224 с.

## INFLUENCE OF PLASTIC LUBRICANTS WITH ULTRADISPERSE FILLER ON TEMPERATURE CONDITION OF ROLLING BEARINGS

© 2013 S.G. Dokshanin

Siberian Federal University, Krasnoyarsk

Possibility of increase the tribological properties of plastic lubricants applied in rolling bearings by introduction in them ultradisperse powder is considered. Results of the analysis of temperature distribution in roller bearings are presented.

Key words: *plastic lubricant, antifriction properties, ultradisperse filler, friction unit*