

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С УЛЬТРАДИСПЕРСНОЙ ДОБАВКОЙ В ПОДШИПНИКАХ КАЧЕНИЯ

© 2010 С.Г. Докшанин, Р.С. Привалихин

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Поступила в редакцию 23.03.2010

Рассматривается возможность повышения долговечности подшипников качения за счет использования пластичных смазочных материалов. Приводится анализ результатов распределения касательных напряжений на площадке контакта в роликовом подшипнике качения.

Ключевые слова: *смазочные материалы, подшипники качения, ультрадисперсная добавка*

Вопрос повышения долговечности подшипниковых узлов тесно связан с качеством применяемого в них смазочного материала. Условия смазки подшипников качения оказывают существенное влияние на усталостное выкрашивание в зоне контакта, что является типичной причиной потери работоспособности при нормальных условиях эксплуатации. В большинстве случаев усталостное разрушение деталей подшипника начинается на поверхности в результате возникновения значительных касательных напряжений, но при снижении силы трения в зоне контакта процесс формирования усталостных трещин видоизменяется с поверхностного на глубинный. Это увеличивает время эксплуатации подшипниковых опор до начала усталостного разрушения дорожек и тел качения подшипников. Важная роль в этом процессе отводится применяемым в подшипниках качения смазочным материалам. Наличие у них хороших антифрикционных свойств приводит к снижению коэффициента трения, что уменьшает касательные напряжения на площадке контакта между телом качения и дорожкой.

Одним из методов улучшения смазочных свойств пластичных смазочных материалов остается введение различного рода добавок. В последние годы значительное внимание отводится порошковым нанофазным материалам с особыми свойствами. Широкое применение получили ультрадисперсные материалы с размерами частиц порядка 0,01-60 нм такие,

как порошки алмаза и алмазографита, полимеров, металлов и их соединений, способные создавать в зоне контакта экранирующий слой, снижать величину коэффициента трения, изменять микрогеометрию поверхностей, уменьшать контактные давления [1, 2]. В качестве порошковых добавок к пластичным смазочным материалам заметное применение нашли углеродосодержащие ультрадисперсные порошки алмазографита (УДПАГ), полученные детонационным методом в среде углекислого газа. Вместе с тем практически отсутствуют работы, в которых содержатся результаты теоретических исследований и рекомендации по практическому использованию таких смазочных материалов для опор с подшипниками качения.

Цель работы: изучение триботехнических свойств УДПАГ и возможность его применения в качестве добавки к пластичным смазочным материалам.

Эффективность применения таких добавок является основанием для более детального их изучения, поскольку единого мнения о механизме действия ультрадисперсного порошка в смазочных материалах нет [3]. Кроме того, отсутствие данных о свойствах УДПАГ сдерживает их широкое использование в качестве твердых добавок.

Исследования трибологических свойств УДПАГ проводились на лабораторных установках, моделирующих работу узла с подшипниками качения. Образцами служили роликовые радиальные подшипники типа 32206 с цилиндрическими роликами и радиально-упорные подшипники типа 7206А с коническими роликами, которые нагружались радиальной и осевой нагрузками соответственно.

*Докшанин Сергей Георгиевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Теоретическая механика и триботехника». E-mail: Sergey_dokshanin@mail.ru
Привалихин Руслан Сергеевич, аспирант. E-mail: globalsds@bk.ru*

Нагрузка изменялась от 1 кН до 2,5 кН при однонаправленном вращении внутреннего кольца подшипника с частотой 960 об/мин. Для исследований были выбраны пластичные смазочные материалы ЦИАТИМ-201 и Литол-24. Такой выбор связан с тем, что они до сих пор широко применяются в узлах трения машин, при этом их противоизносные свойства имеют некоторые различия, что позволит более существенно сопоставить возможные изменения при введении добавки УДПАГ.

Используемый в смазочных композициях порошок алмазографита был получен методом детонационного синтеза в среде углекислого газа и представлял собой углеродную смесь с размером частиц графита 10 нм, в которой доля графита составляла до 80% продукта взрыва, остальная часть находилась в виде высокодисперсной алмазо-подобной фазы. Концентрация порошка в смазочных композициях составляла 1 масс.%, как наиболее оптимальная для смазочных материалов [4, 5].

Эффективность использования твердой добавки в смазочных материалах оценивалась по величине износа подшипников качения и величине моментов трения. Износ подшипников определялся весовым методом через каждые 3 часа испытаний. Перед испытанием измерялась масса подшипника, затем подшипник

набивался испытуемым смазочным материалом. Силы трения, соответствующие тангенциальным нагрузкам на площадке контакта, определялись экспериментально тензометрированием.

Исследования напряженного состояния контактирующих деталей подшипника с учетом тангенциальных нагрузок выполнялись с помощью компьютерной модели контакта цилиндрического ролика с дорожкой качения при наличии сил трения, для чего был использован программный комплекс ELCUT. Оценивались касательные и нормальные напряжения вдоль площадки контакта и их распределение по глубине дорожки. Рассматривалась модель контакта при качении ролика по упругому основанию с проскальзыванием, условия деформирования поверхностного слоя удовлетворяют гипотезе об упругих свойствах материала.

Проведенные исследования показали, что введение добавки УДПАГ существенно повышает качество серийно выпускаемых пластичных смазочных материалов ЦИАТИМ-201 и Литол-24. На рис. 1 и 2. представлены результаты экспериментов на износ подшипника качения при использовании стандартных и модифицированных пластичных смазочных материалов.

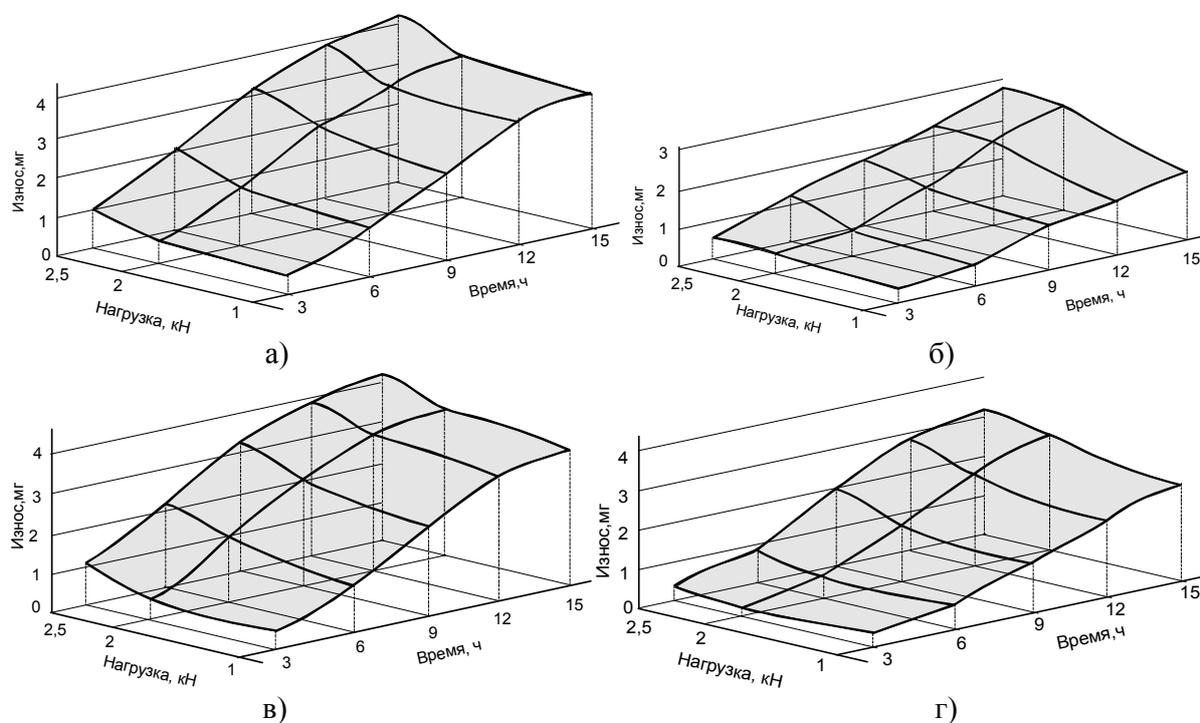


Рис. 1. Зависимость износа ПК от наработки для радиальной и осевой нагрузки для пластичной смазки Литол-24:
 а) без добавки (радиальная); б) с добавкой УДПАГ (радиальная); в) без добавки (осевая); г) с добавкой УДПАГ (осевая)

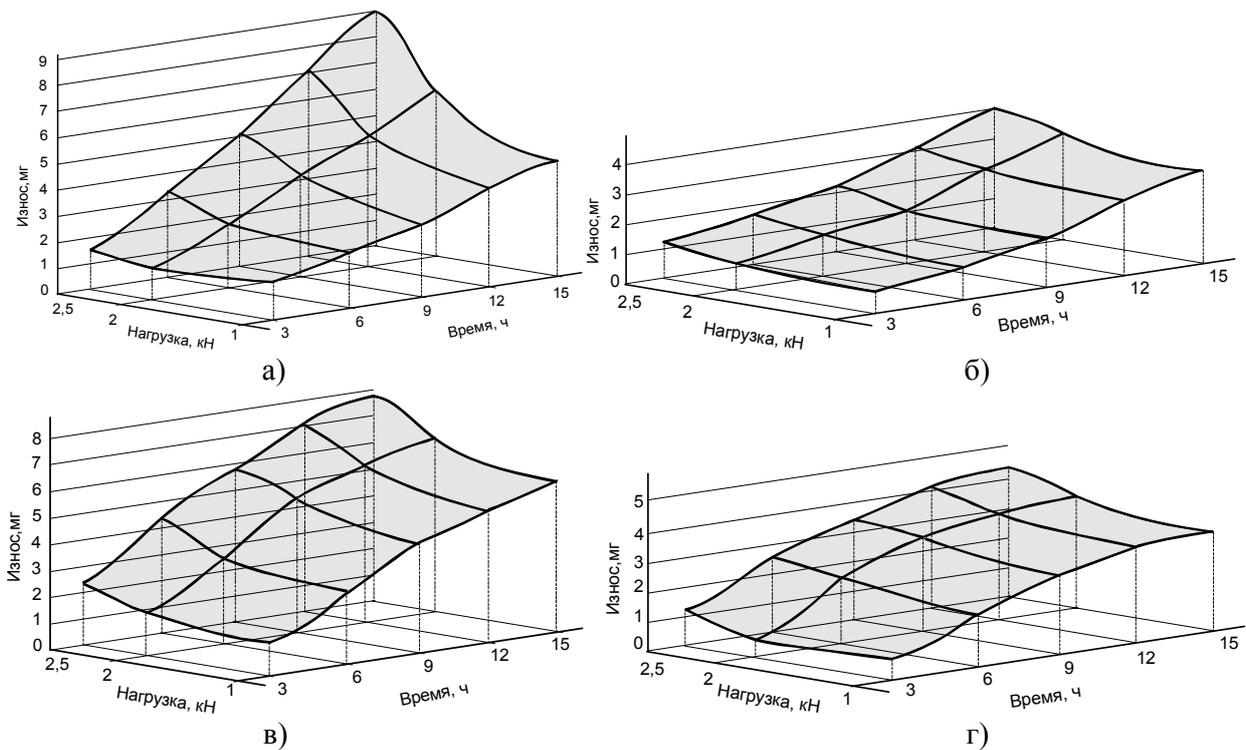


Рис.2. Зависимость износа ПК от наработки для радиальной и осевой нагрузки для пластичной смазки ЦИАТИМ-201:

а) без добавки (радиальная); б) с добавкой УДПАГ (радиальная); в) без добавки (осевая); г) с добавкой УДПАГ (осевая)

По данным графиков можно отметить, что лучшие противоизносные свойства наблюдались у пластичных смазок с УДПАГ. Испытания смазочных материалов в роликовых подшипниках качения с радиальной нагрузкой показали, что введение присадки УДПАГ уменьшает величину износа всех исследуемых смазочных материалов. Для пластичной смазки ЦИАТИМ-201 добавка УДПАГ уменьшает величину износа подшипников качения в 1,9-2,3 раза, а при использовании пластичной смазки Литол-24 с добавкой УДПАГ величина износа подшипников качения снижается в 1,4-1,6 раза.

Результаты испытаний при нагружении осевой нагрузкой для конических роликоподшипников также показали эффективность использования присадки УДПАГ в смазочных материалах. Здесь снижение износа для пластичной смазки ЦИАТИМ-201 было в 1,7-1,8 раз, а для пластичной смазки Литол-24 величина износа уменьшилась в 1,2-1,4 раза.

Напряженное состояние рассматривалось для вариантов использования пластичных

смазочных материалов ЦИАТИМ-201 и Литол-24 как в чистом виде, так и с добавкой УДПАГ. Изображенные на рис. 3 и 4 графики изменения касательных напряжений τ по глубине L площадки контакта получены по результатам компьютерного моделирования контакта ролика с поверхностью дорожки качения. Значения сил трения, соответствующие тангенциальным нагрузкам на поверхности, взяты на основе экспериментальных данных. Результаты показали, что в случае применения пластичных смазочных материалов с добавками УДПАГ наблюдается снижение касательных напряжений до 13%.

Нормальные напряжения определялись по критерию прочности Мора, в соответствии с которым условие разрушения зависит как от нормальных, так и от касательных напряжений на площадке контакта. Отмечено, что применение пластичных смазок ЦИАТИМ-201 и Литол-24 с добавкой УДПАГ снижает величину нормальных напряжений, по сравнению с базовыми, на 8-11% и 13-15% соответственно.

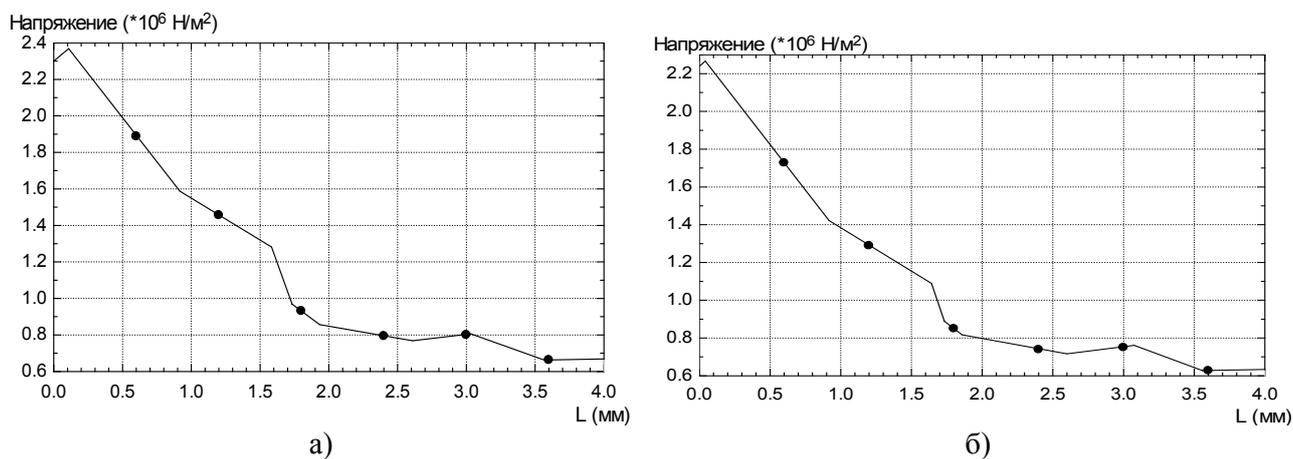


Рис. 3. Распределение касательных напряжений по глубине внутреннего кольца для смазочного материала ЦИАТИМ-201: а) без добавки; б) с добавкой УДПАГ

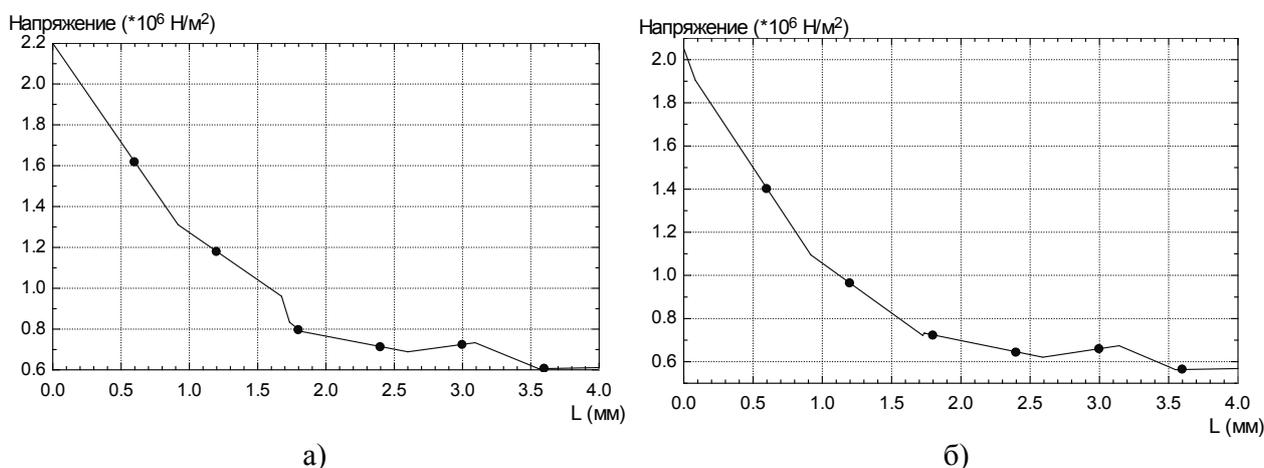


Рис. 4. Распределение касательных напряжений по глубине внутреннего кольца для смазочного материала Литол-24: а) без добавки; б) с добавкой УДПАГ

Заключительным этапом исследований было проведение эксплуатационных испытаний. Объектом испытаний были взяты подшипники серии ГП37608А ступиц передних колес пяти грузовых автомобилей ЗиЛ-130. Испытания проводили по следующей схеме. В одну ступицу колеса закладывался пластичный смазочный материал Литол-24, во вторую – смазочная композиция Литол-24 с добавкой УДПАГ. Средний эксплуатационный пробег автомобилей составил 25000 километров. По окончании испытаний оценивались внешнее состояние подшипников качения и величина износа наружного кольца подшипника. Износ определялся массовым методом по разнице массы до начала испытаний и после их окончания. На рис. 5 приведена диаграмма износа подшипников качения по результатам измерений.

Анализ полученных результатов позволил предположить причины проявления высоких триботехнических характеристик смазочных

материалов с добавкой ультрадисперсного порошка алмазографита. В отличие от широко применяемых порошковых добавок для УДПАГ характерна высокая адгезионная способность к металлическим поверхностям за счет повышенной поверхностной энергии. Наличие собственного заряда и взаимодействие с поверхностью металла приводит к образованию ориентированного слоя на контактирующих поверхностях. Это способствует прочному удержанию граничного слоя смазочного материала на поверхности трения. В режиме граничного трения частицы ультрадисперсного порошка алмазографита, введенного в смазочный материал, способны локализовать участки трущихся поверхностей, образовав на них прочную пленку, препятствующую схватыванию, снижающую коэффициент трения и способную выдержать без разрушения значительные нагрузки.

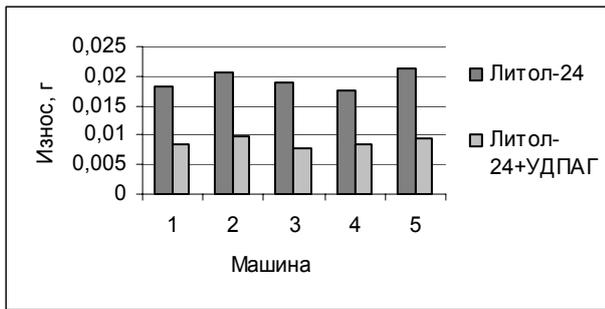


Рис. 5. Диаграмма износа подшипников качения по результатам эксплуатационных испытаний

Выводы: результаты исследований подтверждают теоретические положения о влиянии ультрадисперсного порошка алмазографита на повышение качества пластичных смазочных материалов. Экспериментально установлено, что применение в подшипниках качения пластичного смазочного материала с твердыми добавками ультрадисперсного порошка алмазографита позволяет в 1,5-2 раза увеличить срок службы подшипникового узла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Жевнов, В.В. О влиянии ультрадисперсных наполнителей на реологические свойства пластичных смазок / В.В. Жевнов, В.А. Смуругов, И.О. Деликатная и др. // Трение и износ. – 2001(22). - № 6. – С. 699-702.
2. Витязь, П.А. Влияние материала фрикционной пары на триботехнические свойства консистентной смазки, модифицированной ультрадисперсными алмазами / П.А. Витязь, В.И. Жорник, В.А. Кукаренко и др. // Трение и износ. – 2000 (21). - № 5. – С. 527-533.
3. Люты, М. Методология создания смазочных материалов с наномодификаторами / М. Люты, Г.А. Костюкович, А.А. Скаскевич и др // Трение и износ. – 2002(25). - № 4. – С. 411-424.
4. Терентьев, В.Ф. Смазка и смазочные материалы в трибосистемах / В.Ф. Терентьев, В.Е. Редькин, С.И. Щелканов. – Новосибирск: Издательство «Наука» СО РАН, 2002. – 187 с.
5. Терентьев, В.Ф. Трибонадежность подшипниковых узлов в присутствии модифицированных смазочных композиций / В.Ф. Терентьев, Н.В. Еркаев, С.Г. Докшанин. – Новосибирск: Изд-во «Наука» СО РАН, 2003. – 142 с.

APPLICATION OF PLASTIC LUBRICANTS WITH ULTRADISPERSIBLE COMPONENT IN ROLLING BEARINGS

© 2010 S.G. Dokshanin, R.S. Privalihin

Siberian Federal University, Krasnoyarsk

The opportunity of heightening the longevity of rolling bearings due to use the plastic lubricants is considered. The analysis of results of distribution the tangential stresses on a platform of contact in a roller frictionless bearing is resulted.

Key words: *lubricants, ultradispersible component, rolling bearings*