

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА АЛМАЗОГРАФИТА
В КАЧЕСТВЕ НАПОЛНИТЕЛЯ К ПЛАСТИЧНЫМ СМАЗОЧНЫМ МАТЕРИАЛАМ**

© 2011 С.Г. Докшанин

ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск

Поступила в редакцию 10.11.2011

Создаваемые современные механизмы требуют применения более качественных смазочных материалов, что позволит им выдерживать значительные эксплуатационные нагрузки и увеличить их работоспособность.

Для эксплуатации машин и оборудования, а также поддержания работоспособности и продления срока службы для отработавших достаточно долгий срок требуются новые смазочные материалы, существенно повышающие уровень рабочих нагрузок, температур и скоростей без катастрофических последствий для узлов трения. Помимо создания абсолютно новых марок смазочного материала в последнее время находит широкое применение метод модификации существующих за счет введения в их состав различных веществ, улучшающих трибологические свойства.

Пластичные смазочные материалы модифицируют, в основном, за счет введения наполнителей, представляющих нерастворимые в дисперсионной фазе твердые тонкодисперсные материалы, которые при ужесточении эксплуатационных режимов должны обеспечить смазочному материалу высокие антифрикционные и противоизносные свойства. В качестве таких материалов используют диселениды и дисульфиды молибдена, графит, тальк, порошки металлов, полимерные материалы и другие вещества, способные повышать смазочные свойства [1, 2]. Тем не менее, длительный срок применения подобных материалов выявил их недостатки, которые определяются значительным износом сопряженных поверхностей, возникновению напряжений в поверхностных слоях и снижению сопротивления усталостному изнашиванию при изменении фактической площади контакта, образованию коррозии на поверхности трения, разупрочнению структуры пластичного смазочного материала [3].

Так как повышенные требования к эксплуатационным свойствам смазочных материалов не могут быть удовлетворены вследствие этих недостатков, то приходится находить более совершенные материалы, которые могут вводиться в пластичные смазки в качестве наполнителей. Это позволяет увеличить долговечность узлов трения за счет повышения несущей способности смазочного слоя, улучшения антифрикционных и противоизносных свойств, снижения температуры в зоне контакта. К таким материалам можно отнести ультрадисперсный порошок алмазографита (УДПАГ).

Цель проводимых исследований - изучение влияния ультрадисперсного порошка алмазографита на противоизносные и антифрикционные свойства пластичных смазочных материалов.

Используемый в данной работе для составления смазочных композиций в качестве наполнителя ультрадисперсный порошок представляет собой углеродосодержащий конденсированный продукт, полученный методом детонационного синтеза в среде углекислого газа. Порошок представляет собой углеродную смесь с размером частиц графита 10–40 нм. Доля графита составляет до 80 % продукта взрыва, остальная часть находится в виде высокодисперсной алмазоподобной фазы.

Его хорошие адгезионные способности к металлическим поверхностям за счет повышенной поверхностной энергии способствуют прочному удержанию слоя смазочного материала на поверхности трения. Частицы УДПАГ локализуют участки трущихся поверхностей, образуя на них прочную пленку, препятствующую схватыванию, снижающую коэффициент трения и способную выдержать значительные нагрузки.

В данной работе представлены отдельные результаты экспериментальных исследований, проводимых в рамках изучения триботехнических свойств УДПАГ и возможность его применения для смазочных композиций на основе пластичных смазочных материалов, применяемых в подшипниках качения.

Эффективность использования такого наполнителя в смазочных материалах оценивалась по интенсивности изнашивания подшипников качения, величине моментов трения, реологических характеристик новых смазочных композиций, температуре узла и другим параметрам.

Для создания смазочных композиций с ультрадисперсным порошком алмазографита применялись пластичные смазочные материалы марок ЦИАТИМ-201 и Солидол С (синтетический), широко используемые в опорных узлах с подшипниками качения. Выбор этих марок для исследований основывался на различии их трибологических свойств. Если литиевая смазка ЦИАТИМ-201 имеет удовлетворительную механическую стабильность, хорошую морозостойкость и работоспособна в широком интервале температур, то кальциевая смазка Солидол С при хорошей водостойкости, коллоидной стабильности и защитных свойствах имеет несколько узкий диа-

пазон рабочих температур и низкую механическую стабильность.

Испытания выполнялись на лабораторных установках, которые моделировали работу подшипникового узла при однонаправленном вращении подшипника. В качестве образцов были взяты конические роликоподшипники типа 7208. Прикладываемая радиальная нагрузка изменялась в диапазоне от 0,5 до 2,5 кН, частота вращения внутреннего кольца составляла 1200 об/мин. Объем смазочного материала составлял 1/3 объема свободного пространства подшипника.

Исследования проводились при концентрации УДПАГ в смазочных композициях от 0,5 до 5 % от массы смазочного материала.

Представленные на рис. 1 графики зависимости изменения износа подшипника от наработки получены при нагрузках 0,5 и 2 кН для смазочных композиций и смазок-основ при концентрации наполнителя 1 % масс. Такая концентрация УДПАГ наиболее оптимальна при использовании в пластичных смазочных материалах [4].

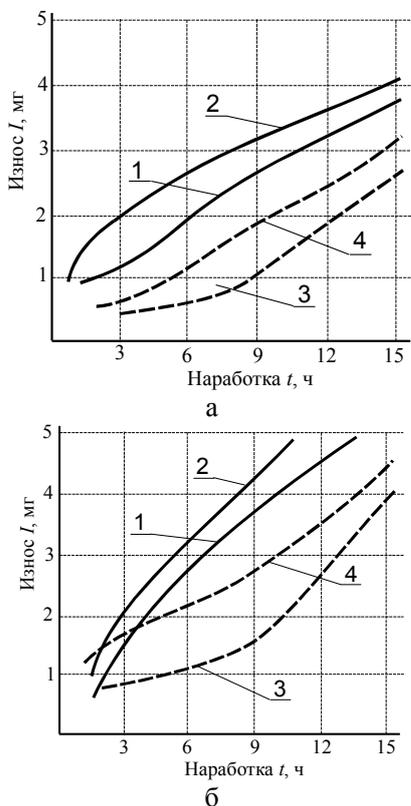


Рис.1. Зависимость величины износа от наработки для Солидол С (а) и ЦИАТИМ-201 (б): 1 – без добавки (0,5 кН); 2 – без добавки (2 кН); 3– с добавкой УДПАГ (0,5 кН); 4– с добавкой УДПАГ (2 кН).

По данным графикам можно отметить, что введение УДПАГ в смазки-основы снижает величину износа для Солидола С и ЦИАТИМ-201 при всех нагрузках.

Влияние наполнителя на изменение

антифрикционных свойств оценивалось величиной момента трения в подшипниках качения. Так, представленные на рис. 2 зависимости отражают изменения момента трения в подшипнике при нагрузке 2 кН.

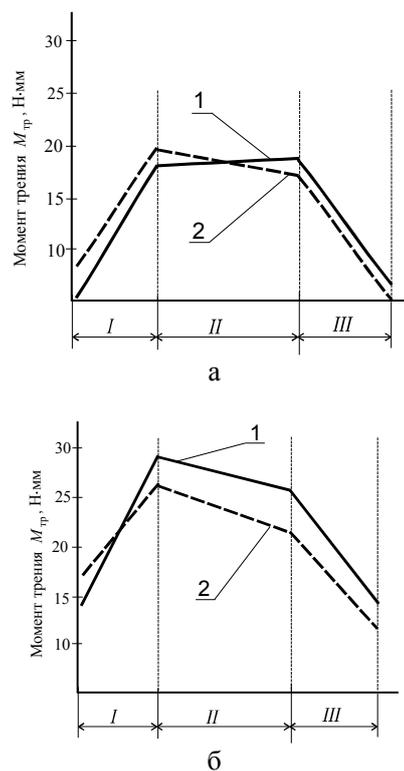


Рис. 2. Зависимость величины момента трения от наработки для Солидол С (а) и ЦИАТИМ-201 (б): 1–без добавки; 2 – с добавкой УДПАГ.

Измерения проводилось в начале испытаний до приложения нагрузки и после приложения, далее в конце испытаний до и после снятия нагрузки. На графиках отмечены три участка, которые соответствуют определенным условиям испытаний. Участок I соответствует началу испытаний, участок II – основному времени испытаний после приложения нагрузки и участок III соответствует конечной стадии испытаний после снятия нагрузки.

Положительный эффект от введения УДПАГ наблюдался для пластичной смазки ЦИАТИМ-201, отмечалось снижению момента трения в подшипнике при различных нагрузках. Однако, при введении в Солидол С на начальном этапе исследований прослеживалось, хоть и незначительное, ухудшение его антифрикционных свойств. Тем не менее, в конце испытаний отмечалось некоторое понижение величины момента трения.

Если оценивать результаты исследований в целом, то можно сказать о положительном влиянии УДПАГ на противоизносные свойства всех рассматриваемых в работе пластичных смазочных материалов, после использования смазочных композиций с наполнителем отмечено снижение величины износа

подшипников во всех случаях. Для смазочной композиции на основе ЦИАТИМ-201 величина износа подшипника уменьшается в 1,5–1,9 раза, а с Солидол С износ подшипника снизился в 1,2–1,4 раза.

Анализируя результаты измерений моментов трения можно отметить, что существенное улучшение антифрикционных свойств наблюдалось при использовании смазочной композиции с ЦИАТИМ-201. Здесь величина момента трения уменьшилась по сравнению с базовым смазочным материалом на 20–25 %. Аналогичные результаты были и при других режимах нагружения. При введении наполнителя в Солидол С величина момента трения уменьшилась в среднем на 8–13 %

Характер полученных результатов можно объяснить начальными процессами режима приработки, связанного с образованием новой шероховатости поверхностей трения при сглаживании наиболее выступающих микронеровностей. Имея множество кромок вследствие своей поликристаллической структуры, частицы алмаза несколько срезают выступы на поверхности трения. Это приводит к увеличению интенсивности износа подшипника качения в начальный момент работы, чем и можно объяснить повышение коэффициента трения в этот период работы.

Для установления зависимости интенсивности износа подшипников качения, смазывающихся пластичным смазочным материалом использовался метод факторного эксперимента с преобразованием параметра оптимизации (износа) и определяющих факторов при наличии между ними нелинейной связи. Уравнение функциональной зависимости между параметром оптимизации и исследуемыми факторами имеет вид:

$$I = \varphi(P, f, t),$$

где I – износ подшипника качения; φ – функция отклика; P – нагрузка на подшипник; f – коэффициент трения качения; t – время наработки.

Результаты экспериментов позволили получить эмпирические закономерности, отражающие влияние таких факторов, как нагрузка, время наработки и коэффициента трения на износ подшипников качения, в которых применяют пластичные смазочные материалы. Для нахождения зависимости интенсивности износа подшипников качения использовался метод факторного эксперимента с преобразованием параметра оптимизации (износа) и определяющих факторов при наличии между ними нелинейной связи. Уравнение функциональной зависимости между параметром оптимизации и исследуемыми факторами имеет вид [5]:

$$I = k \cdot X_1^m \cdot X_2^n \cdot t^\beta,$$

где I – износ подшипника качения, являющийся параметром оптимизации; k – коэффициент уравнения, отражающий влияние неучтенных факторов; X_1, X_2 – факторы; m, n, β – степенные коэффициенты, определяемые по результатам эксперимента.

Полученные для смазочных материалов формулы зависимостей представлены в следующем виде:

для смазочного материала ЦИАТИМ-201

$$I = 0,108 P^{0,403} f^{-0,145} t^{1,083}; \quad (1)$$

для смазочной композиции

ЦИАТИМ-201 с добавкой УДПАГ

$$I = 0,2073 P^{0,3569} f^{0,1655} t^{1,0763}; \quad (2)$$

для смазочного материала Солидол С

$$I = 0,0772 P^{0,4877} f^{-0,4919} t^{0,8784}; \quad (3)$$

для смазочной композиции Солидол С с добавкой УДПАГ:

$$I = 0,6443 P^{0,2529} f^{1,5142} t^{0,791}. \quad (4)$$

Вывод. Анализ полученных результатов лабораторных исследований позволил сделать вывод, что введение ультрадисперсного порошка алмазографита в пластичные смазочные материалы ЦИАТИМ-201 и Солидол С в качестве наполнителя повышает их противоизносные и антифрикционные свойства.

На основе результатов исследований получены уравнения функциональной зависимости между износом подшипника и исследуемыми факторами, что позволит спрогнозировать долговечность работы подшипников качения при использовании в них данных пластичных смазочных материалов.

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. 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.
3. Погадаев, Л.И. Новый пластичный смазочный материал / Л.И. Погадаев, В.Н. Кузьмин, В.М. Петров // Трение и смазка в машинах и механизмах. 2006. № 6. С.34–47.
4. 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.
5. Браун, Э.Д. Моделирование трения и изнашивания в машинах/Э.Д. Браун, Ю.А. Евдокимов, А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 1982. 191с.

APPLICATION OF ULTRADISPERSE POWDER MIXTURE OF DIAMOND AND GRAPHITE AS THE FILLING AGENT FOR LUBRICATING GREASES

© 2011 S.G. Dokshanian

Siberian Federal University, Krasnoyarsk