

УДК 621.892

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА СМАЗОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С УЛЬТРАДИСПЕРСНЫМ АЛМАЗОГРАФИТОМ ПО ТЕМПЕРАТУРЕ УЗЛА ТРЕНИЯ

© 2013 С.Г. Докшанин

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Поступила в редакцию 27.11.2013

Рассматривается возможность повышения трибологических свойств пластичных смазочных материалов за счет введения в их состав наполнителя из ультрадисперсного алмазографита. Приведены результаты исследований смазочных композиций с наполнителями различных фракций, предложена зависимости и математическая модель распределения температуры.

Ключевые слова: *пластичный смазочный материал, антифрикционные свойства, ультрадисперсная добавка, узел трения*

Общая для всех областей техники проблема, которая до настоящего времени стоит при эксплуатации машин, механизмов, аппаратов и приборов – снижение трения в работающих узлах. Решение данной проблемы способствует повышению надежности и долговечности оборудования, уменьшению энергозатрат, повышению мощности. Одним из важнейших факторов, определяющих надежность и долговечность деталей машин и оборудования, является способность смазочного материала защищать трущиеся поверхности от износа, снижать потери на трение, предохранять поверхности от нагрева и уменьшать тепловыделения, оказывать демпфирующее действие, защищать от коррозии и воздействия окружающей среды [1]. Улучшение их смазочных свойств или создание новых высокоэффективных смазочных материалов – современные пути решения проблемы увеличения ресурса работы узлов. Одним из вариантов улучшения эксплуатационных качеств смазочных материалов является введение в их состав различного вида твердых веществ, которые при ужесточении эксплуатационных режимов обеспечивают смазочному материалу высокие антифрикционные и противозносные свойства. Весьма перспективным считается применение в качестве наполнителя ультрадисперсного порошка алмазографита (УДПАГ), которому характерна высокая адгезионная способность к металлическим поверхностям за счет повышенной поверхностной энергии.

Цель исследований: оценка возможности использования ультрадисперсного порошка алмазографита для улучшения эксплуатационных свойств пластичных смазочных материалов.

В данной работе приводятся результаты лабораторных исследований, связанных с подбором оптимального состава получаемых смазочных композиций. Задача данного этапа заключалась в выявлении рецептурных факторов и определении

смазочных свойств новых смазочных композиций с порошком различных фракций, а также в построении математической модели процесса изменения температуры от размера частиц вводимого наполнителя. Определение эффективности вводимого наполнителя, его влияние на эксплуатационные свойства разрабатываемых смазочных композиций, а также установление условий их применения в узлах трения выполнялись в соответствии с методами рационального цикла трибологических испытаний. В соответствии с данным методом эффективность применения материала в узле трения может быть определена установлением влияния определяющего параметра на основные триботехнические показатели, в частности температуру трения [2]. Исследования включали в себя отработку методов введения ультрадисперсного наполнителя в пластичный смазочный материал, а также выбор оптимальной концентрации наполнителя и определение состава создаваемых смазочных композиций с различным размером частиц порошка алмазографита в зависимости от изменения температуры в узле трения.

Для создания смазочных композиций в качестве базового был выбран литиевый пластичный смазочный материал ЦИАТИМ-201, имеющий удовлетворительную механическую стабильность, хорошую морозостойкость и работоспособный в широком интервале температур. В качестве наполнителя использовался УДПАГ, полученный методом детонационного синтеза в среде углекислого газа. В испытаниях использовали ультрадисперсный наполнитель двух фракций – с размером частиц до 100 нм (фракция Ф-1), и 100-300 нм (фракция Ф-2). Испытания проводились на лабораторной установке по схеме «диск-колодка» при трении неподвижного образца о боковую поверхность вращающегося диска (рис. 1). Образцы и диск изготавливались из стали 45 с последующей термообработкой до HRC 45-50. Скорость скольжения образца составляла 1,13 м/с, нагрузка на образец изменялась ступенчато в диапазоне от 0,75 до 2,5 кН.

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

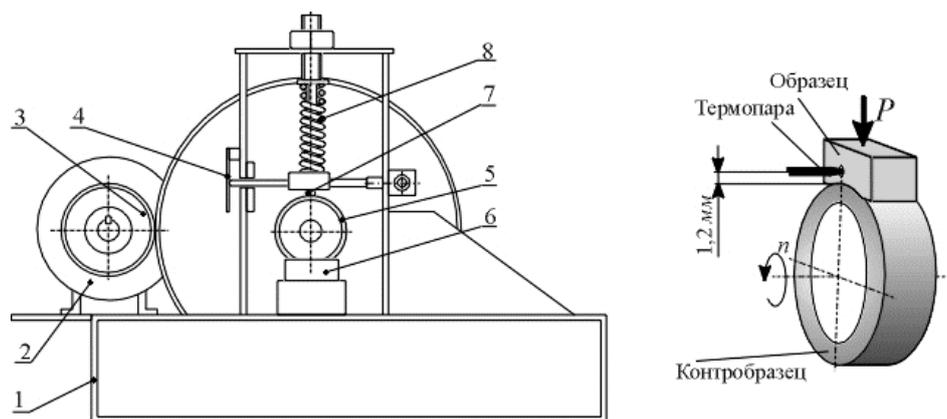


Рис. 1. Схема машины трения и испытательного узла:

1 – корпус машины трения; 2 – электродвигатель; 3 – привод; 4 – тензобалка измерительной системы; 5 – контролобразец; 6 – емкость со смазочным материалом; 7 – образец; 8 – система нагружения

Концентрация УДПАГ при создании смазочных композиций составляла от 0,1% до 5% от массы смазочного материала, но результаты показали, что при концентрации порошка в интервале от 0,5 до 1% момент трения достигает минимума [3]. При дальнейшем повышении концентрации происходит плавный рост момента трения. В процессе испытания с помощью хромель-копелевой термопары регистрировалось изменение температуры образцов. Измерения температуры проводились через каждые 50 м при ступенчатом нагружении. Оценка влияния наполнителя проводилась по разнице температур ΔT образца, измеренных до начала испытаний и в процессе трения.

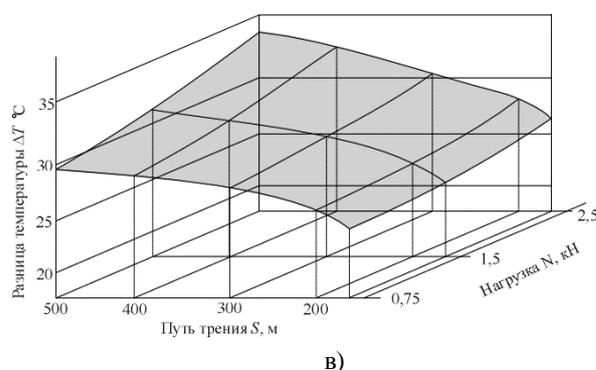
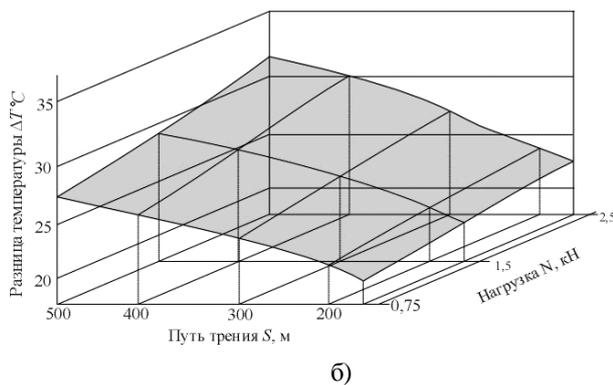
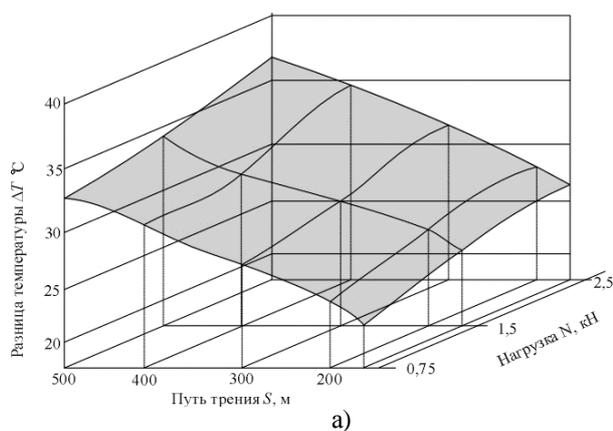


Рис. 2. Изменение температуры образца при использовании смазочного материала ЦИАТИМ-201: а) без наполнителя; б) с наполнителем фракции Ф-1; в) с наполнителем фракции Ф-2



На приведенных графиках (рис. 2) представлены зависимости изменения температуры образцов от нагрузки и пути трения для смазочных материалов с концентрацией наполнителя 1% от массы для различных фракций порошка.

Для получения регрессионной модели процесса трения был выбран план типа 2^k и случайный порядок реализации опытов во времени проведения эксперимента. В план исследования были включены два фактора: x_1 – фракция вносимого ультрадисперсного наполнителя; x_2 – нагрузка, прикладываемая к образцу. В качестве выходной переменной рассматривалась разница температур ΔT образца до начала испытаний и образца в процессе трения. На основании матрицы планирования модель процесса изменения температуры от размера частиц может быть представлена в виде [4]:

$$y = b_0 x_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2,$$

$$b_0 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k x_{i0} y_i, \quad b_1 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k x_{i1} y_i,$$

$$b_2 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k x_{i2} y_i, \quad b_{12} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k x_{i1} x_{i2} y_i,$$

где b_0 – свободный коэффициент; b_1, b_2 – линейные коэффициенты; b_{12} – коэффициенты парного взаимодействия факторов x_1 и x_2 .

Коэффициенты при независимых переменных x_j указывают на силу влияния факторов, а его знак – направление влияния фактора. Величина коэффициента соответствует вкладу данного фактора в выходную переменную величину при изменении значения фактора на интервал варьирования. После решения данных уравнений с учетом условий проведения экспериментов и определения значимых коэффициентов при кодированных переменных модель процесса изменения температуры в случае трения со смазочным материалом, модифицированным ультрадисперсным наполнителем, имеет вид:

$$y = 22,28 + 1,42 x_1 + 0,99 x_2 + 1,05 x_1 x_2.$$

Если оценивать полученные результаты, то зависимости изменения температуры образцов имели однотипный характер, но различались по абсолютным значениям, зависящим от нагрузки. При использовании смазочного материала с ультрадисперсным наполнителем отмечалось снижение температуры на 26-32% в сравнении с базовым смазочным материалом. Такой результат отмечался для всех наполнителей не зависимо от размеров частиц. При этом для фракции Ф-1 отмечалось несколько большее, до 8-12%, снижение температуры образца, чем для порошков фракции Ф-2. Некоторое повышение температуры для смазочных композиций с УДПАГ в начале испытаний связано с режимом приработки, когда увеличение интенсивности износа приводит к быстрому нагреву и повышению коэффициента трения. Окончанием режима приработки можно считать состояние, когда значения коэффициента трения и температуры стабилизируются, а полученная шероховатость

будет оптимальной.

Выводы: результаты исследований показали, что введение УДПАГ обеспечивает пластичному смазочному материалу ЦИАТИМ-201 повышение антифрикционных и противоизносных свойств. Это способствует снижению рабочей температуры узла трения на 13-15%, коэффициента трения скольжения на 65-70%, что позволяет в 1,5-2 раза увеличить срок службы трибоузлов. При этом наибольшая эффективность функционального действия наполнителя достигается при концентрации от 0,5 до 1% масс. с размером частиц до 100 нм. Разработанная математическая модель процесса изменения температуры позволяет оценить влияние такого важного рецептурного фактора, как размер частиц вещества, вводимого в смазочный материал в качестве наполнителя, что поможет определить оптимальный состав создаваемых новых смазочных композиций. По результатам проведенной работы на смазочные композиции получены патенты Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Дроздов, Ю.Н. Трение и износ в экстремальных условиях / Ю.Н. Дроздов, В.Г. Павлов, В.Н. Пучков. – М.: Машиностроение, 1986. 224 с.
2. Чичинадзе, А.В. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / А.В. Чичинадзе, Э.М. Берлинер, Э.Д. Браун и др. Под общ. ред. А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 2003. 576 с.
3. 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.
4. Браун, Э.Д. Моделирование трения и изнашивания в машинах / Э.Д. Браун, Ю.А. Евдокимов, А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 1982. 191 с.

OPTIMIZATION THE STRUCTURE OF LUBRICATING COMPOSITIONS WITH ULTRADISPERSIBLE DIAMOND-GRAPHITE ON TEMPERATURE OF FRICTION UNIT

© 2013 S.G. Dokshinin

Siberian Federal University, Krasnoyarsk

Possibility of increase the tribological properties of plastic lubricating materials due to the introduction in their composition the filler from ultradispersible diamond and graphite is considered. Results of researches the lubricating compositions with filler of various fractions are given, is offered dependences and mathematical model of distribution on temperature.

Key words: plastic lubricant, antifriction properties, ultradispersible additive, friction unit