

Лебедев О.В., Калманбетова А.Ш.

**ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ,
РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ГРАНИЧНОГО ТРЕНИЯ**

O.V. Lebedev, A.Sh. Kalmanbetova

**ESTIMATION OF OPERATIONAL PROPERTIES OF THE GREASED MATERIALS
WORKING IN CONDITIONS OF BOUNDARY FRICTION**

УДК: 620.179

В настоящее время оценка эксплуатационных свойств смазочных материалов весьма актуальна. В этой области статье рассматриваются эксплуатационные свойства смазочных материалов работающих в условиях граничного трения.

At present the evaluations of service properties of lubricant is greatly required. The article is considering the service properties of lubricants operating under condition of boundary friction.

Граничное трение - широко распространенный физико-механический процесс, который связан с контактированием поверхностей в самых разнообразных своих проявлениях.

Если большинство процессов, обусловленных взаимодействием и движением элементов системы, подчиняются фундаментальным законам, на основании которых можно прогнозировать поведение рассматриваемой системы, то граничное трение вносит неопределенность, зависящую от множества факторов, связанных с закономерностями, определяемыми эмпирически.

Учесть все явные и неявные факторы с точки зрения здравого смысла невозможно. Поэтому наиболее реалистичный подход к пониманию процессов граничного трения и связанного с ним износа основан на последовательном изучении отдельных сторон данного явления, когда можно выделить основные параметры, определяющие состояние конкретной трибологической пары.

Показателем динамического характера процесса трения являются макроскопические механические колебания, возникающие во фрикционной системе при скольжении.

Так установлено, что при трении одной из причин формирования деформированного приповерхностного слоя являются механические и тепловые возбуждения, распространяющиеся вглубь среды и обусловленные переходом системы трения в автоколебательное состояние с большой амплитудой механических колебаний [1].

На поверхности трения и в подповерхностном слое материала будут иметь место колебания температуры, в результате чего может развиваться процесс термо-

циклической ползучести, а также фазовые и структурные превращения материала.

Ужесточение режимов работы современного оборудования в автотранспортном и строительно-дорожном машиностроении повышает требования к фрикционным свойствам смазочных материалов, особенно к граничным смазочным слоям (ГСС) ГСС – это полимолекулярные или мономолекулярные слои адсорбированного на поверхности вещества.

Условия формирования ГСС: нагрузочно-скоростные режимы испытаний, температура нагревания трущихся поверхностей при контакте с ней молекул углеводородов, каталитическое воздействие поверхности, химический состав материалов определяют их триботехнические свойства.

Анализ литературных данных показывает, что в области исследования граничной смазки имеется ряд проблем. Существующие лабораторные методы исследования смазочных материалов, ориентированные на использование машин трения, не обеспечивают корреляции с результатами стендовых и эксплуатационных испытаний.

Разработанные в последнее десятилетие методы, электрофизического зондирования, на наш взгляд, могут быть применены в диагностике триботехнических свойств смазочных материалов, что позволит установить соответствие между параметрами электропроводности контакта и механической прочности фрикционных и противозадирных характеристик.

Для этой цели необходимо анализировать параметры контактного сопротивления сопряженных тел, что позволит оценивать триботехническую эффективность применяемых смазочных материалов.

В связи с широким поступлением на рынки Узбекистана смазочных материалов зарубежного производства, не отвечающими в ряде случаев требованиям для современного машиностроения, оценка их эксплуатационных свойств становится весьма актуальной.

Под эксплуатационными свойствами смазочного материала мы понимаем сохранение им во время работы в узле трения под действием нагрузочно-скоростных параметров всей смазочной способности. До 90% энергии, рассеиваемой в узле трения,

расходуется на тепловыделение. Поэтому актуальны исследования температурной стойкости, фрикционных характеристик смазочных материалов в области температур 80-150°C, имеющих место в конкретных узлах трения, для определения их триботехнической эффективности.

Для проведения испытаний в режиме граничной смазки можно использовать разработанный нами вибротрибометр. Измерение контактного сопротивления по схеме шарик-плоскость осуществляется по четырехпроводной схеме при напряжении на разомкнутом контакте 50 мВ, что предотвращает пробой электрических прослоек смазочных материалов в контактном зазоре.

Верхний предел электрической схемы измерений 3 МОм.

Известно, что граничные смазочные слои некоторых смазочных материалов обладают высокими прочностными свойствами и способны выдерживать контактные давления до 0,5 ГПа, что сопоставимо с микротвердостью некоторых металлов.

В качестве подложки, на которую наносились смазочные материалы, использовалась сталь 65Г (Ra=0,06 мкм, $\rho=0,08 \cdot 0,17 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, $E=2,6 \cdot 10^{11} \text{ Па}$, $H_M=1,9 \text{ ГПа}$), а в качестве зонда стальной шарик (ШХ-15, HB=1,9 МПа).

В случае «сухого» контакта окисляющихся материалов контактное сопротивление определяется собственной проводимостью оксидных пленок и сопротивлением стягивания линий тока из объема образца к пятну контакта. Снижение регистрируемых в эксперименте значений контактного сопротивления до уровня сопротивления стягивания означает разрушение ГСС. Нижняя граница туннельного сопротивления определяется исходя из минимально возможного размера поперечного сечения углеводородных молекул компонентов смазок 0,5 нм.

Критическую нагрузку перехода системы сопряженных тел от упругой к пластической деформации $N_{кр}$ можно рассчитать с учетом физико-механических свойств конкретных материалов, исходя из соотношений теории Герца:

$$N_{кр} = 17,44 H_M^3 \cdot l^2 \cdot r^2,$$

где $I = (1-\nu^2)/E$; H_M - микротвердость; ν - эффективная работа выхода; r - радиус индентора.

Собственная проводимость смазочной пленки не играет решающей роли в контактной проводимости ГСС толщиной до 3 нм.

Значение контактного сопротивления в статике составляет 0,1-0,2 Ом.

Толщина ГСС при этом соответствует 0,7-0,9 нм, что свидетельствует о неразрушении мономолекулярного смазочного слоя.

Роль свойств ГСС (особенно хемосорбированных) в механизме смазывания трибосистемы при жестких нагрузочно-скоростных режимах эксплуатации, когда непосредственного химического модифицирования поверхности не происходит, становится доминирующей.

От толщины масляной пленки зависят износостойкость, контактная прочность, сопротивляемость к схватыванию материалов, силы трения и температура зоны контакта, например зубьев шестерен. Толщину масляной пленки можно определять с учетом и без учета деформации материала шестерен.

Для расчета толщины масляной пленки с учетом деформации поверхностей зубьев шестерен при ГСС нами была предложена зависимость

$$h = 1,24 \cdot [n(v_1 + v_2)] R/a^2]^{1/4}, \text{ мкм}$$

где n - вязкость масла; R - приведенная кривизна контактирующих поверхностей; v_1, v_2 - скорости качения контактирующих поверхностей; a - пьезокоэффициент вязкости.

Эта формула использовалась в экспериментальных исследованиях Иргашева А. [2] и дала хорошую сходимость.

Литература:

1. Лебедев О.В., Кадыров С.М. Основы трибологии. Учебное пособие для бакалавриата специальностей В 521300 и В 521400. Т.: изд. ТАДИ, 2000г., с. 176.
2. Иргашев А. Методологические основы повышения износостойкости шестерен тихоходных тяжело нагруженных зубчатых передач агрегатов машин. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Т., 2005, 40 с.