УДК 621.891

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРОТИВОПИТТИНГОВОЙ СПОСОБНОСТИ ТРАНСМИССИОННЫХ МАСЕЛ

В.А. Войтов, д.т.н., профессор, А.Н. Шевченко, аспирант
Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко, г. Харьков, Украина

В статье на основе анализа сигналов акустической эмиссии разработан новый метод лабораторной оценки противопиттинговой способности масел и приведены результаты испытаний трансмиссионных масел различных групп эксплуатации по API.

Актуальность вопроса. Влияние эксплуатационных свойств смазочного материала на рост усталостных трещин, которые приводят к образованию очагов и ямок на рабочих поверхностях трения, отмечается многими исследователями [1]. По причине усталостного изнашивания, по данным работы [2], выходят из строя ~ 50% деталей и агрегатов трансмиссии автомобилей и выбраковывают при разборке и ремонте до 85% зубчатых передач и подшипников тракторных трансмиссий. Таким образом, контроль показателя противопиттинговой способности масла определяет надежность и долговечность механических передач.

Анализ методов оценки противопиттинговой способности масел. Для оценки противопиттинговой способности (ППС) масел применяют такие методы испытаний, как лабораторные с применением четырехшариковой машины [3,4], так и стендовые – модельные [2] и натурные [5,6]. Проведение испытаний на четырехшариковой машине существенно проще и быстрее по времени, чем испытания на модельных и натурных стендах.

На наш взгляд в работе [3] методика оценки противопиттинговой способности масел на четырехшариковой машине имеет следующие недостатки:

- занимает много времени определение механических свойств шариков, которые не должны иметь различную твердость;
- испытания проводят при различных нагрузках 3000 Н и 3900 Н.

Критерием оценки ППС масла служило время появления питтинговых язв на верхнем шарике, которое составляло 10-15 % от общего времени опыта.

В работе [7] разработана методика и показатели противопиттинговой способности масел с использованием четырехшариковой машины и вибродиагностического метода. Однако, как показали многочисленные эксперименты проведенные нами, вибродиагностический метод дает большую

дисперсию разброса времени начала усталостного выкрашивания. Это, в свою очередь, снижает информативность вибродиагностического метода.

Отказ от натурных испытаний обычно связан с их длительностью и плохой воспроизводимостью полученных результатов, при этом оценка простыми лабораторными методами занимает меньше времени в сравнении с модельными и натурными стендовыми.

Постановка задачи. Таким образом, метод испытания по оценке противопиттинговой способности масел должен моделировать условия работы ответственных узлов трения механических передач, зубчатых передач и подшипников качения, быть кратковременным, а также обеспечивать хорошую воспроизводимость результатов исследований.

Метод решения задачи. В статье представлен новый лабораторный метод оценки ППС масел с использованием четырехшариковой машины и метода акустической эмиссии (АЭ).

На рисунок 1 представлен нижний узел четырехшариковой машины для крепления испытуемого подшипника № 202, а также комплекс для регистрации сигнала акустической эмиссии.

Рисунок 1 - Внешний вид устройства для исследования противопиттинговых свойств масел:
1 – испытуемый подшипник; 2 – пьезоэлемент; 3 – электронный блок

Сущность этого метода состоит в анализе сигналов АЭ возникающих на рабочих площадках серийного однорядного шарикового подшипника 202 легкой серии с целью выявления начала развития усталостного изнашивания (питтинга).

Преимущество этого метода, в отличие от температурного и вибрационного методов, является мгновенная реакция на изменение технического состояния подшипника. Схема устройства для определения противопиттинговой способности масел показана на рис.2. Частота вращения шпинделя четырехшариковой машины 1460 об/мин, осевая нагрузка 6174 Н, контактное напряжение в зонах контакта 3874 МПа. Объем испытуемого мас-

ла на один эксперимент 12 мл. В качестве показателя оценки ППС масла выбрано время τ появления очагов или ямок усталостного изнашивания.

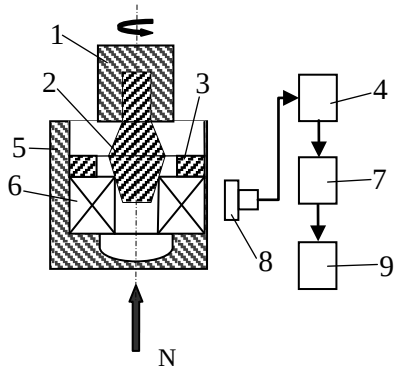

Рисунок 2 - Схема устройства для определения противопиттинговых способностей масла:
1 - шпиндель; 2 – конус; 3 – гайка; 4 – предусилитель; 5 – чашка; 6 – подшипник; 7 – основной усилитель; 8 – пьезоэлемент; 9 – компьютер.

Генерация акустической эмиссии подшипниковым узлом воспринимается пьезоэлектрическим датчиком 8, сигнал от которого усиливается предусилителем 4 и через основной усилитель 7 поступает в компьютер 9. При проведении испытаний наибольшее значение амплитуды акустической эмиссии фиксировалось в диапазоне 200…700 кГц.

Большое количество проведенных экспериментов по анализу процесса образования усталостного выкрашивания показали, что при оценке начала образования питтинга лучше всего использовать спектральную мощность акустико-эмиссионного излучения, которая определялась по выражению:

$$W_A = \frac{A_\Sigma^2}{t_P},$$

где A_Σ^2 – суммарное значение квадрата амплитуд за время регистрации t_P;

t_P – время регистрации сигналов АЭ.

В качестве диагностического признака начала появления питтинга использовалось превышение мощности сигнала АЭ в указанной полосе частот над начальным значением более, чем в 2,5 раза, рис.3 и 4.

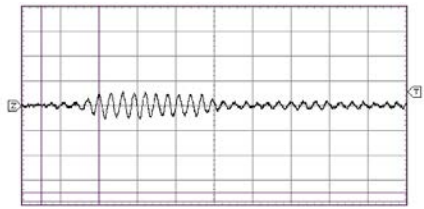

Рисунок 3 - Сигнал акустической эмиссии от подшипника не имеющего усталостного выкрашивания

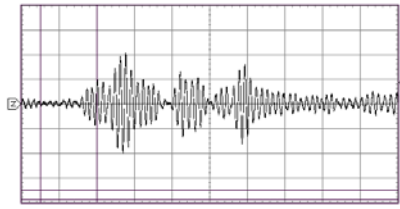

Рисунок 4 - Сигнал акустической эмиссии от подшипника после появления питтинга

Обработка результатов, полученных в ходе проведения эксперимента, осуществлялась с помощью методов математической статистики (критерий Кохрена) [8]. При этом предполагалось, что время появления очагов усталостного изнашивания подчинено нормальному закону распределения. Точность определения τ по предложенному методу, подсчитанная с помощью формул теории случайных погрешностей по результатам восьми параллельных опытов, составляет ± 14%. При трех параллельных опытах точность определения τ составляет ± 32%. Такой результат следует считать вполне приемлемым, учитывая высокий коэффициент рассеивания данных по расчету долговечности подшипников. Результаты полученные по предложенному методу показали значительное сокращение времени испытаний масел с различным уровнем эксплуатационных свойств. Характер появления очагов и ямок усталостного изнашивания на внешнем кольце серийного подшипника после испытания на трансмиссионном масле elf показано на рис.5.

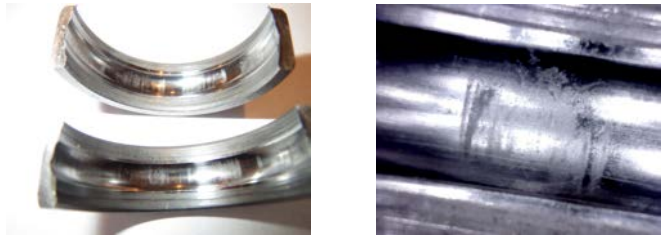

Рисунок 5 – Фотография начала усталостного разрушения дорожки внешнего кольца подшипника

Результаты времени появления очагов усталостного выкрашивания τ приведены в таблице 1.

В таблице 1 приведен рейтинг противопиттинговой способности испытуемых масел в порядке их улучшения свойств.

Таблица 1 – Время появления очагов усталостного выкрашивания для различных марок масел

Марка масла	Группа масла по эксплуатационным свойствам по API	Среднее арифметическое время появления очагов усталостного выкрашивания τ, мин
МТ-16п	СА	13
К-19	–	16
Castrol EP80	GL-4	33
И-20А	–	35
AVIA MZ80	GL-4	42
ТАп-15В	GL-3	46
МС-14	–	72
elf 80W90	GL-5	78
ТАД-17и	GL-5	90
МС-20	–	120

Заключение

Таким образом, с помощью предложенного лабораторного метода оценки противопиттинговой способности масел, который основан на регистрации и анализе сигналов АЭ, можно выполнить сравнительную оценку способности масла предотвращать усталостное изнашивание деталей и агрегатов трансмиссии.

Литература

1. Система показателей качества продукции. Масла смазочные. Номенклатура показателей: ГОСТ 4.24-84. – [Введ. 1985-07-01]. – М.: Стандартинформ, 2011. – 13 с. – (Межгосударственный стандарт).

2. Заскалько П.П., Крысин В.Д., Некрасов В.И. Оценка противопиттинговых свойств трансмиссионных масел // Химия и технология топлив и масел. – 1988. –№5. – С. 27-29.

3. Заскалько П.П., Раджабов Э.А. Метод квалификационной оценки противопиттинговых свойств трансмиссионных масел // Химия и технология топлив и масел. – 1984. – №12. – С. 21.

4. Кривошеин Г.С., Безбородько М.Д. Противопиттинговые свойства масел // Химия и технология топлив и масел. – 1961. – №6. – С. 47-50.

5. Соколов В.В., Ефремов В.Н. К выбору масел для коробок передач автомобилей с дизелями // Автомобильная промышленность. – 1979. – №1. – С. 5 – 6.

6. Иосебидзе Д.С., Чихладзе Г.Е. Исследование возможности повышения долговечности главной передачи автомобилей КамАЗ путем применения углеродного суспензионного масла // Трение и износ. – 1984. – Т.5, №4. – С. 664 -669.

7. Войтов В.А. Методика оценки показателя противопиттинговой способности смазочных материалов / В.А. Войтов, С.А. Митиков, М.И. Суханов, С.А. Шевченко // Проблеми трибології. – 2006. – № 1. – С. 39 – 43.

8. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул: Учебн. Пособие для втузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш.шк., 1988. – 239 с.

Abstract

Based on the analysis of acoustic emission signals developed a new method of laboratory evaluation vs. pitting ability oils and results of tests of gear oils for various groups' exploitation API are presented in the article.

УДК 621. 924.9

ДВИЖЕНИЕ ТВЕРДОЙ СФЕРИЧЕСКОЙ ЧАСТИЦЫ ПРИ УДАРНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С УПРУГО-ПЛАСТИЧНЫМ ПОЛУПРОСТРАНСТВОМ

А.В. Горик, д.т.н., профессор, А.А. Ландар, к.т.н., доцент
Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина

Представлено аналитическое определение оптимальных режимов (скорости и угла атаки) абразивной очистки поверхностей машин и оборудования на основании упругопластической модели взаимодействия твердой сферической частицы с упруго-пластичным полупространством.

Введение

Дробеструйная обработка металлических изделий с целью очистки поверхности от окалины, ржавчины, пригара, формовочной земли, сварочного флюса и других механических и окисных загрязнений, характеризующаяся массовым скоростным съемом элементарных объемов обрабатываемого материала, является распространенным технологическим процессом в техническом сервисе машин и оборудования. Съем металла при взаимодействии контртел в результате пластических деформаций сопровождается достаточно высокими давлениями режущих кромок дробинок на обрабатываемую поверхность. Величина давлений по разным источникам колеблется от нескольких сотен до десятков тысяч МПа [1, 2]. При этом указывается на усталостный съем металла при сопутствующих явлениях микрорезания без выхода на конкретные решения относительно контактного движения дробинки.