

УДК 621-034.14.669.14

З.А. Годжаев, профессор, д-р техн. наук; С.Д. Зайцев, канд. техн. наук;

О.В. Сомов, инженер; Л.А. Шабалинская, ст. научн. сотрудник, канд. хим. наук

ОАО «Федеральный исследовательский испытательный центр машиностроения»

ул. НАТИ13, Новый Быт, Чеховский р-н, Московская область, Россия, 142322

E-mail: ficm@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ДИСКОВ ТРЕНИЯ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ С НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМ ПОКРЫТИЕМ НА УНИКАЛЬНОЙ СТЕНДОВОЙ УСТАНОВКЕ «КЛИМАТ»

Исследуются диски трения с наноструктурированным покрытием для ГМКП промышленных тракторов по методике ускоренных стендовых испытаний с применением безразборной диагностики оценки технических параметров дисков на модульном блоке стенда уникальной стендовой установки (УСУ) «Климат».

Ключевые слова: *пиролитическое карбидохромовое покрытие дисков трения, ресурс, цикл, частота включения, модульный блок, износ, трибологические испытания, феррографический и спектральный анализ.*

Новое поколение машин с высокими показателями надёжности, долговечности, нагруженности, универсальности, экономичности требуют создание новых типов узлов и агрегатов, обеспечивающих высокие показатели качества этих машин.

В конструкции фрикционных узлов гидромеханических трансмиссий используются пары трения: стальной диск из стали 65Г и диск с накладками из металлокерамики МК-5. Эксплуатация фрикционных узлов характеризуется высокой фрикционной теплоустойчивостью (способностью сохранять коэффициент трения и износостойкость в широком диапазоне температур); низкой способностью к адгезии (трущиеся диски не должны при трении схватываться, «прилипать» друг к другу), высокой теплопроводимостью и теплоемкостью, устойчивостью против теплового удара, возникающего в результате интенсивного выделения тепла в процессе трения. Одновременно они должны обладать высокими показателями по коррозионной стойкости, прирабатываемости, технологичности, экономичности.

С целью достижения указанных показателей, на основании проведённых исследований [1,2] в качестве модификации поверхности диска трения из стали 40Х гидромеханической коробки передач (ГМКП) трактора Т10.0000 ООО «ЧТЗ-Уралтрак» была применена технология обработки поверхности трения методом пиролитического хромового покрытия (ПКХП). Сложный композиционный состав (ПКХП) в зависимости от условий получения (смесь карбидов хрома, свободного углерода, частично закристаллизовавшихся органических продуктов) определяет их высокие защитные свойства против износа: беспористая структура покрытия, высокая адгезия и микротвердость. Полученные преимущества ПКХП достигаются за счёт формирования покрытия, образующего наноструктурированный поверхностный композит с размером зерен 10-80 нм. В результате впервые представлены материалы исследований наноструктурированных поверхностных композитов на дисках трения из стали 40Х, полученных пиролитическим осаждением из газовой фазы.

Проведенные физико-механические исследования свойства покрытия показали:

- средняя микротвердость ПКХП составляет по индикаторам Виккерса $(1,3-1,5)10^4$ МПа на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузке 50 г по ГОСТ 9550-81;

- толщина покрытия 10-100 мкм не влияет на его микротвердость, отклонение от полученного среднеарифметического значения – 1-2 %;

- при температуре осаждения от 400 до 500 °С адгезия покрытия возрастает с 140 МПа, достигая значения при 500 °С, 290 МПа;

- на исследуемых покрытиях поры практически отсутствуют;

- проведены трибологические испытания фрикционных материалов на машине трения СМТ-1 по схеме диск-диск в масляной среде, при испытаниях регистрировались следующие параметры: скорость испытания от 1 до 6 м/с, шаг 1 м/с;

- коэффициент трения $f = \frac{F}{N}$, где N – нагрузка, Н; F – сила трения на среднем диаметре, Н;

интенсивность изнашивания $I = \frac{h}{S_{тр}}$, где h – линейный износ, мм; $S_{тр}$ – путь трения, мм; удельное

давление p , МПа; $p = \frac{N}{S_k}$, где N – нагрузка, Н; S_k – площадь кольца, мм².

Результаты трибологических испытаний образцов материалов дисков трения ГМКП из стали 40Х с ПКХП и 65Г:

- наибольший коэффициент трения наблюдается на паре трения 40Х с ПКХП – МК-5;

- температура в масле во всех парах трения – в пределах 78-81 °С;

– износостойкость поверхности опытного образца из стали 40Х с ПКХП ($R_a = 1,8-2,0$ мкм) в паре трения с МК-5 в 1,2 раза больше, чем в паре 65Г – МК-5;

– применение стали 40Х с пиролитическим карбидохромовым покрытием увеличивает их износостойкость, уменьшает время буксования, снижает температуры в контакте рабочих поверхностей дисков трения, что уменьшает риск коробления дисков;

– предпочтительно использовать контр-тело диска 40Х фрикционный материал с поверхностью трения, обработанного до шероховатости $R_a = 1,8-2,0$ мкм.

Для оценки полученных показателей дисков трения из стали 40Х с ПКХП в реальных условиях эксплуатации их работы в течение 10 000 моточасов была разработана методика ускоренных ресурсных испытаний и для её реализации изготовлен модульный блок стенда для испытаний дисков трения ГМКП трактора Т10.0000 ООО «ЧТЗ-Уралтрак» на базе УСУ «Климат». В качестве привода гидротрансформатора (ГТР) и ГМКП служит стенд на базе электродинамометров DS-932-4/N, производства Чехия, MEZ VSETIN, мощностью 180 кВт, тормозной момент 574 Н·м, частота вращения $n = 3000$ мин⁻¹.

В качестве нагрузочного устройства ГМКП используется электротормозной стенд на базе динамометра LPA-100-1500-1/7 производства Германия, мощностью 100 кВт, тормозной момент 636,6 Н·м, частота вращения – 1500 мин⁻¹.

Контроль температурного режима масла в ГМКП и ГТР осуществляется термоэлектрическим преобразователем TCM 6097 в комплекте с потенциометром КСП-4. Частота включения ГМКП осуществляется управляющим электрогидравлическим клапаном ГКЕ20-32, способным в течение (0,6-8) с произвести включение и выключение подачи гидравлической жидкости в бустеры фрикционных дисковых тормозов, работающих в масле. Частота циклов включения регистрируется частотомером-хронометром Ф5041. Частота вращения ведущего и ведомого валов, ведущий и тормозной моменты регистрируются системой управления и контроля электродинамометров. Давление в системе управления ГМКП и системе смазки регистрируется манометрами образцовыми МО-6; МО-4.

На основании проведенных исследований, наблюдений за работой в условиях эксплуатации тракторов Т10М, трибологических испытаний образцов материала дисков трения из стали 65Г и 40Х с ПКХП разработана программа-методика (ПМ) испытаний дисков трения на долговечность.

В ПМ испытаний на долговечность предусмотрены ускоренные стендовые испытания опытных дисков трения из стали 40Х с ПКХП в сравнении с дисками из стали 65Г.

Ускорение испытаний обеспечивается: увеличением нагрузки на передачах переднего хода цикла бульдозирования трактора Т-10М в эксплуатации на 20 % по передаваемому крутящему моменту; увеличением числа циклов включения дисков тормозов ГМКП по всем передачам переднего хода в 5-7 раз по сравнению с условиями эксплуатации.

Продолжительность работы ГМКП в условиях эксплуатации за 10 000 моточасов на режиме бульдозирования по передачам: 2-я передача – 1739 моточас.; 3-я передача – 1491 моточас.

Наработка опытных дисков муфт (тормозов) ГМКП Т10.0000 на стенде по передачам с учетом форсирования режима по нагрузке в 2 раза и по частоте 7 раз составляет: 1-я передача 249 ч.; 2-я передача 125 ч.; 3-я передача 106 ч. Общая наработка по всем передачам составляет 480 часов при длительности циклов включения и выключения муфт (тормозов) в пределах 10 с не более. Максимальные значения нагрузок и воздействий на механизмы не превышены более чем в 1,2 раза (20 %) номинальных нагрузок и воздействий, установленных в нормативно-технической документации на изделие.

Доминирующие частоты спектральных плотностей нагрузок и воздействий смещены в область более высоких частот и не превышают максимальных из зарегистрированных в эксплуатации.

Перед началом испытаний были проведены замеры с точностью до 1 мкм толщины дисков, и плоскостности их поверхности.

В процессе испытаний проводилась безразборная оценка технического состояния опытных дисков трения по параметрам изнашивания в масле. Для этого использовались следующие методы исследования:

– феррографический метод исследования, основанный на магнитном осаждении частиц изнашивания из проб масла, позволяющий определить типы процессов изнашивания и индекс интенсивности изнашивания по параметрам продуктов в дисперсной фазе частиц диаметром 0,1-300 мкм, при этом использовалась феррографическая система PREDICT / DLI (США);

– метод атомно-эмиссионной спектроскопии, определяющий элементный состав продуктов изнашивания в дисперсной фазе частиц диаметром 20 мкм и в виде молекул, а также веществ, присутствующих в масле в виде присадок и загрязнений.

Средства измерений:

– атомно-эмиссионный спектрометр “Spectroil-M, ф. Spectro inc (США) позволяет классифицировать по типам изнашивания частицы диаметром более 20 мкм и менее 100 мкм и считать общее количество частиц диаметром более 4 мкм и их состав по размерным фракциям;

– в качестве аналитического оборудования был применен лазерный классификатор формы и подсчета частиц износа – Laser Net Fines–с.

Материалы результатов испытаний будут обобщены и опубликованы после полной реализации программы испытаний.

Поступила в редакцию 4.05.2010 г.