

реализуется усталостное разрушение наплавленного слоя – на поверхности трения образуются усталостные трещины, ориентированные перпендикулярно вектору скорости скольжения (стрелка 3). Для материалов с низкой твердостью (17-20 HRC) процесс схватывания при высоких p и v более ярко выражен (рисунок 2, б). Значительно более высокой износостойкостью обладают элементы пар трения, восстановленные различными материалами (см. позиции 5–8 на рисунке 1).

На рисунке 1 видно, что слой на поверхности ролика, наплавленный материалами LASTEK 807 и Wearshield/Mangiet, изнашивается более интенсивно, нежели вкладыш (Булат-1 и ПП-АН 180 МН). На первый взгляд должен наблюдаться обратный эффект, поскольку площадь поверхности трения ролика примерно в 6 раз выше, чем вкладыша, и вступает в контакт периодически, имея возможность охлаждаться, а поверхность вкладыша находится в контакте весь период истирания. Это обусловлено более высокой твердостью материалов Булат-1 (56 HRC) и ПП-АН 180 МН (51 HRC).

Механизм и интенсивность изнашивания сопрягаемых деталей рычажной тормозной системы определяются режимами их нагружения. Так, независимо от природы материалов наплавленного слоя увеличение контактного давления p сопровождается монотонным ростом суммарной интенсивности изнашивания (I_h ролика + I_h вкладыша), причем эта зависимость более существенна в области высоких значений p (рисунок 3). Анализ изношенных поверхностей показал, что наплавленный слой подвергается одновременно протекающим абразивному, адгезионному, усталостному и окислительному видам изнашивания. Очевидно, что каждая из этих составляющих возрастает с повышением нагрузки, т. к. увеличивается глубина внедрения абразивных частиц, растут число и прочность мостиков сварки между трущимися деталями и амплитудные значения контактных деформаций [3]. Возрастает также температура на пятнах контакта, скорость окисления металла и разрушения оксидных пленок. Влияние скорости на I_h определяется рядом конкурирующих факторов (температура в зоне контакта, глубина внедрения выступов сопрягаемого тела, скорость образования и разрушения оксидных пленок), поэтому зависимость $I_h(v)$ неоднозначна.

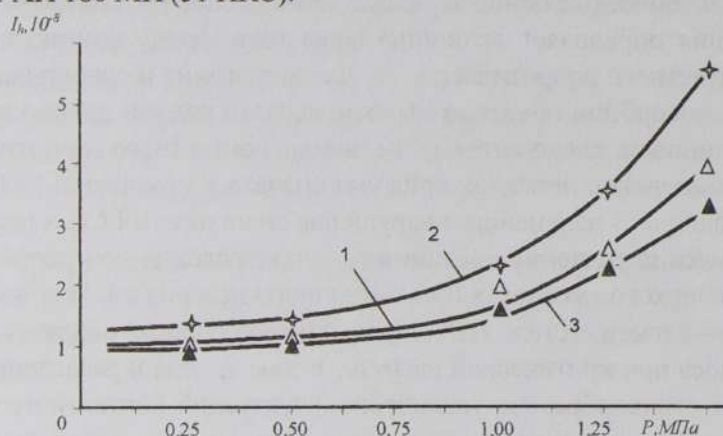


Рисунок 3 – Влияние нагрузки на суммарную интенсивность изнашивания вкладыша (наплавленный слой из Булат-1) и ролика (1, 2 – слой из СВ-08Г2С; 3 – слой из LASTEK 807) при: 1, 3 – $v = 0,25$ м/с; 2 – $v = 0,75$ м/с

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Хасуи, А. Наплавка и напыление / А. Хасуи, Моригакио. – М. : Машиностроение, 1985. – 239 с.
- 2 Богданович, П. Н. Трение и износ в машинах / П. Н. Богданович, В. Я. Прушак. – Мн. : Вышэйшая школа, 1999. – 374 с.
- 3 Богданович, П. Н. Изнашивание твердых тел / П. Н. Богданович. – Гомель : БелГУТ, 1997. – 112 с.

УДК 531.43

ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ БУКСОВЫХ УЗЛОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

К. П. БОНДАРЕНКО, А. И. КАБАЦКИЙ, О. В. ХОЛОДИЛОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С. В. КОРОТКЕВИЧ
РУП «Гомельэнерго»

Надёжность и долговечность буксовых узлов железнодорожных вагонов во многом определяется работоспособностью подшипников качения. Составным элементом подшипника является смазочный материал, который в процессе эксплуатации создает на контактирующих поверхностях гра-

ничные смазочные слои (ГСС) – полимолекулярные или мономолекулярные слои адсорбированного на поверхности смазочного материала. Поэтому состояние ГСС во многом определяет функционирование как непосредственно подшипника, так и буксового узла в целом.

В этой связи, разработка оперативных методов и средств контроля состояния ГСС непосредственно в процессе эксплуатации подшипников качения (в том числе и в составе буксовых узлов) представляется перспективной.

Управление режимами работы узлов трения путём получения информации о процессах, протекающих в слоях смазочного материала нанометровой толщины на поверхности, кинетике их формирования и разрушения (изнашивания) позволяет на ранних стадиях, еще до разрушения ГСС, наступления задира и заклинивания подшипника качения, контролировать состояние буксового узла.

Физической основой предлагаемого способа контроля является условие, что толщина ГСС в зоне трения определяет величины силы тока между контактными поверхностями тел и регистрируемого контактного сопротивления R_c . Формирование и срабатывание ГСС, переход от физической адсорбции к хемосорбции (фазовый переход первого рода) и др. процессы приводят к изменению его структуры и толщины и, следовательно, величины контактного сопротивления. Увеличение контактного давления и срабатывание присадок приводят сначала к утончению ГСС и снижению величины контактного сопротивления. В дальнейшем нарушение сплошности ГСС и появление микропятен в зоне трения вызывают снижение значения контактного сопротивления до уровня металлической проводимости, характерной для «сухого» контакта (без смазочного материала). Например, для схемы испытаний ролик (сталь ШХ 15) – сегмент (сталь ШХ 15) контактное сопротивление составляет 0,010–0,005 Ом. Появление частиц износа при критической нагрузке в зоне трения и разделение ими контактных поверхностей обуславливает скачкообразное увеличение флуктуаций контактного сопротивления до 10^7 Ом (верхняя граница диапазона измерения электрической схемы), а также момента трения и температуры. Отличительной особенностью способа является то, что измерение контактного сопротивления ГСС в режиме реального времени позволяет достоверно оценить состояние слоя и момент его разрушения, а также осуществлять контроль состояния подшипника качения и управлять режимами его эксплуатации.

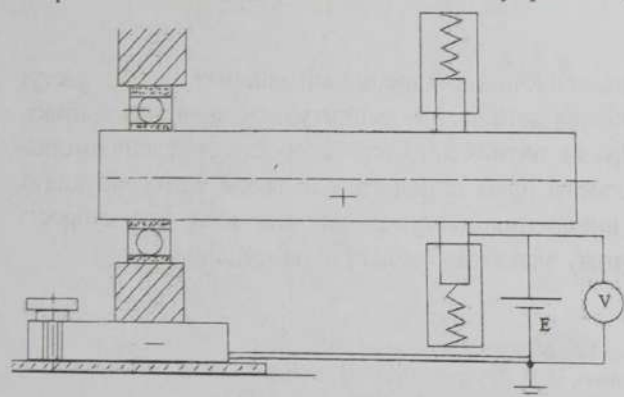


Рисунок 1 – Электрическая схема диагностики подшипника качения

Нами было разработано устройство для определения работоспособности подшипника качения (рисунок 1) по состоянию ГСС, в котором реализован описанный выше метод регистрации падения напряжения в ГСС непосредственно в подшипнике качения буксового узла.

Исследования, проведенные с помощью разработанного устройства, позволили установить следующие режимы эксплуатации подшипника качения:

1 Наличие полимолекулярных слоёв. Их возникновение можно наблюдать на примере формирования пластичным смазочным материалом SKF антифрикционной плёнки на по-

верхностях колес. Даже при минимальной радиальной нагрузке ≈ 100 Н и скорости вращения подшипника ≈ 100 об/мин и комнатной температуре на поверхности колес формируется плёнка. Химические процессы начинают протекать при температурах ≈ 60 °С, а при комнатных температурах ГСС может формироваться только путём физической адсорбции. Контактное сопротивление составляет $\approx 10^5$ Ом. Особенность молекул SKF формировать прочно связанную антифрикционную плёнку при комнатных температурах особенно важно, т. к. это соответствует моменту начала движения.

2 Наличие мономолекулярных слоёв. Минимальная толщина поперечного сечения молекулы стеариновой кислоты составляет 0,5 нм и контактное сопротивление такого слоя ≈ 1 Ом. Поэтому регистрируемое в эксперименте контактное сопротивление 1–5 Ом соответствует ГСС нанометрового диапазона толщин. Смазочные материалы Литол-24, солидол и др. пластичные смазки производства СНГ эксплуатируются в основном в этом диапазоне толщин.

3 Разрушение ГСС и преобладание «сухого» режима контактирования. Срабатывание химически активных присадок при изнашивании обуславливает падение напряжения и снижение уровня R_c . Падение напряжения до уровня ≈ 1 мВ означает формирование пятен фактического металлического контакта, что соответствует «сухому» режиму контактирования.

4 Режим интенсивного окисления сопряжённых поверхностей. До 90 % энергии, затрачиваемой на преодоление сил трения, расходуется на тепловыделение. Данный режим характеризуется интенсивным окислением поверхности. При этом изменяются структура, химический состав и трибофизические свойства оксидных плёнок. Падение напряжения увеличивается до $\approx 46\text{--}48$ мВ и соответственно контактное сопротивление увеличивается до 80–100 Ом. При этом флуктуаций напряжения возрастают от 0 до 48 мВ.

5 Режим изнашивания поверхностей. Этот режим характеризуется периодическим накоплением упругой энергии деформации и её сбросом путём отделения мелких частиц изнашивания, вследствие разрушения поверхности, подпиткой упругой энергией нижележащих слоёв поверхности. Прочность на срез на пятнах фактического контакта увеличивается. Интенсивное тепловыделение приводит к увеличению температуры. Происходит отделение поверхностного слоя от материала объема образца в виде лепестков или мелкодисперсных частиц белого цвета. Наступление данного режима наблюдается визуально приблизительно за пять минут до заклинивания подшипника.

6 Режим интенсивного изнашивания поверхностей, который наступает приблизительно за две-три минуты до заклинивания подшипника. Характеризуется послойным отделением поверхностного слоя в виде лепестков крупных фракций тёмно-синего цвета характерного для цветов побежалости оксидных плёнок.

7 Заклинивание подшипника характеризуемое скачкообразным синхронным увеличением момента трения и контактного сопротивления.

Таким образом, нами обоснован метод оперативного контроля и разработано устройство, позволяющее оценивать состояние буксовых узлов подвижного состава железнодорожного транспорта и их триботехнические характеристики по состоянию ГСС, образующихся в зоне контакта, что позволяет повысить надёжность их эксплуатации.

УДК 629.46+06

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФРАКРАСНОЙ ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

М. В. БОРОДИНА

Ростовский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

По мере увеличения скоростей движения и осевых нагрузок грузовых вагонов интенсивность работы инфраструктуры железнодорожной отрасли увеличилась. Поэтому актуальной задачей железнодорожного транспорта остается обеспечение безопасности движения. Одним из наиболее ответственных узлов, влияющих на безопасность движения, является буксовый узел.

С 70-х годов для обнаружения перегретых букс вагонов использовались приборы ПОНАБ, с 1986 года их планомерно заменяли на системы ДИСК-Б, разработанными специалистами Уральского отделения ВНИИЖТа. Эволюционным развитием этих систем является микропроцессорный комплекс технических средств КТСМ (разработчик – НПЦ «Инфотекс»). Использование в КТСМ современных информационных средств и технологий, наряду с модернизацией оборудования, позволило создать и внедрить многоуровневую информационную систему слежения за нагревом букс (АСК ПС), которая позволяет не только обнаруживать нагретые буксы, но и проводить их мониторинг в процессе эксплуатации [1].

Совершенствование этих систем происходит в рамках общей концепции развития вагонного хозяйства, когда на сети железных дорог России будут созданы 30–40 высокотехнологичных и хорошо оснащенных специализированных ПТО сетевого назначения. В дополнении к приборам по диагностике буксовых узлов в их состав должны войти комплекс технических измерений колесных пар (КТИ), система «САКМА» (контроль зазора в автосцепке), АССОД (обнаружение вагонов с отрицательной динамикой) [2].

Принцип работы всех систем теплового контроля основывается на «точечных» датчиках болометрического типа. Однако в последнее время стали применяться диагностические системы, использующие инфракрасные радиометры – тепловизоры высокого разрешения. К таким системам следует отнести аппаратно-диагностический комплекс (АДК) «ПАУК-В» [3]. В отличие от существующих систем главной особенностью АДК "ПАУК" является использование ИК-радиометров типа "НЕС-7102" (Япония), осуществляющих боковое сканирование элементов подвижного состава с высоким тепловым разрешением.