

их плотности поверхностный слой выкрашивается, образуя продольные полосы, ширина которых постепенно разрастается. При этом, материал ранее разрушенных полос выглаживается. В дальнейшем описанный процесс повторяется.

Аналогичные по форме кривых зависимости  $I_m(v)$  наблюдаются при изнашивании сапфира. Оказались подобными кинетика и механизмы разрушения сапфира и кварцевого стекла при абразивном изнашивании. Однако в отличие от стекла увеличение  $I_m$  сапфира после достижения минимума происходит только вследствие роста температурных напряжений и терморастрескивания. При этом образуются крупные частицы износа ( $\sim 300$  мкм) вследствие сколов по краям бороздок.

Вторая отличительная особенность в том, что расположение микротрещин, виды и интенсивность разрушения сапфира в значительной степени определяются его структурным строением и ориентацией структуры относительно направления действия касательной силы. Так,  $I_m$  в двух взаимно перпендикулярных направлениях различаются почти на порядок. Доминирующим механизмом изнашивания сапфира является усталостное выкрашивание в областях, ограниченных трещинами.

**Заключение.** С увеличением скорости перемещения абразивных частиц немонотонно изменяется интенсивность изнашивания стекла и сапфира, растет глубина распространения поверхностных и появляются подповерхностные микротрещины, наблюдается замена ведущего вида изнашивания: абразивное  $\rightarrow$  усталостное  $\rightarrow$  терморастрескивание.

УДК 629.4.:62–69

## МОНИТОРИНГ ТЕПЛООВОГО КОНТРОЛЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

В.В. Бурченков, канд. техн. наук, доц.  
Белорусский государственный университет транспорта  
(г. Гомель, Республика Беларусь)

Основной целью мониторинга теплового контроля вагонов является обеспечение безопасного и безостановочного движения поездов. Для этого широко используются микропроцессорные комплексы средств контроля технического состояния подвижного состава на ходу поезда: КТСМ–01Д и КТСМ–02. С их помощью в поезде определяются перегретые буксы. В зависимости от температуры их корпуса аппаратура выдает сигналы тревоги: «Тревога 0», «Тревога 1», «Тревога 2». Для повышения безопасности движения поездов важно отслеживать нагрев на ранней стадии (до тревожного уровня), чтобы вовремя предупредить разрушение буксового узла, а также оценить запас хода такой буксы до формирования предаварийного или аварийного сигнала тревоги.

Эти задачи решаются с помощью централизованного мониторинга нагрева букс. Слежение за динамикой нагрева по станциям движения поезда практиче-

ски исключает влияние посторонних факторов при контроле буксового узла (температура окружающей среды, различные скорости движения, сила и направление ветра, погрешность в настройке аппаратуры). В качестве показателя исправного функционирования буксы используется температура нагрева корпуса или ступичной части колеса. По мере движения поезда, анализируя динамику изменений температуры, можно судить о состоянии букс и прогнозировать исправность этого ответственного узла.

При проверке ходовых частей вагонов сравниваются температуры корпусов соседних букс. При одинаковых внешних условиях значительные температурные отличия свидетельствуют о серьезных изменениях в техническом состоянии механизмов букс. В то же время вероятность одновременного теплового разрушения двух, трех и более буксовых узлов одной стороны вагона ничтожно мала.

Для сравнения полученных на смежных пунктах контроля температур необходимо, чтобы условия измерения были одинаковыми. Благодаря практически линейной зависимости температуры корпуса от влияющих факторов, достаточно ограничиться сравнением температур букс, полученных по соседним станциям. При исправности буксовых узлов во время движения подвижного состава соотношение между температурами корпусов остается практически неизменным. Положительная динамика температуры одного из корпусов указывает на ухудшение технического состояния буксы. Для точного обнаружения дефектного буксового узла необходимо задать порог значимости приращения температуры, превышение которого указывает на начальный этап разрушения. С этой целью по результатам измерений следует определить максимально возможное значение случайной составляющей приращений. Обработка результатов измерений для 12 проконтролированных поездов показала, что среднеквадратическое значение случайных приращений температуры составило 3,35 %. При этом нижняя граница значимости приращений температуры, при которой буксу следует отнести к «подозрительным», составляет 10 %.

При использовании данной методики, возможно раннее выявление разрушений букс, в том числе порожних и слабо загруженных вагонов, где процессы разрушений идут относительно вяло. В основе прогноза лежит линейная модель динамики процесса. Например, если температура корпуса 25-ой буксы после прохождения поезда от станции А до станции Б (34 км) возросла на девять уровней квантования (от 14 до 23), то путь до подачи аппаратурой КТСМ-01Д (33-й уровень квантования) сигнала «Тревога 0» пропорционально составляет 38 км. Запас хода до аварийного и критического уровней определится аналогичным образом, как для КТСМ-01Д, так и для КТСМ-02. По выведенным на монитор данным принимается решение, возможно ли дальнейшее движение поезда.

Внедрение Автоматизированной системы контроля подвижного состава (АСК ПС) осуществляется для централизованного сбора информации о техническом состоянии подвижного состава и совершенствования технического обслуживания средств контроля. Централизация позволяет следить за развитием

неисправностей ответственных узлов подвижного состава на участке безостановочного движения поездов, а также своевременно выявлять отказы и сбои в работе аппаратуры контроля, то есть реализовать на практике функцию мониторинга. Новые технологии мониторинга АСК ПС позволяют снизить количество отказов в работе устройств КТСМ–01Д и КТСМ–02 за счет уменьшения влияния «человеческого фактора» на качество технического обслуживания, своевременного выявления и устранения их предотказных состояний, сократить количество профилактических работ с переходом на обслуживание по состоянию.

УДК 620.179.16

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ДЕФЕКТОВ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ МЕТОДОМ**

А.Л. Майоров, канд. техн. наук, Г.Е. Коновалов, канд. техн. наук,  
М.В. Асадчая, канд. техн. наук  
ГНУ Институт прикладной физики НАН Беларуси  
(г. Минск, Республика Беларусь)

Как правило, на практике, дефекты в приповерхностном слое определяют магнитными, электрическими или капиллярными методами. Однако, в случае немагнитных материалов магнитные методы не применимы, а капиллярные не обнаруживают подповерхностные дефекты или дефекты, заполненные смазкой после механической обработки, полировки и т.д., или в случае покрытия изделия краской.

Использование поверхностных ультразвуковых волн (имеются в виду волны Релея), представляется наиболее удобным для этих целей. Однако, этот метод не нашел широкого практического применения в автоматизированных устройствах контроля качества в связи с высокой чувствительностью поверхностных волн к загрязнению поверхности возникающему, например, из-за вытекания контактной жидкости перед преобразователем.

Как правило, для возбуждения поверхностных волн используется традиционный метод преобразования продольной волны плексигласовым клином. Схема возбуждения поверхностных волн через щелевой зазор показана на рисунке 1. С целью оптимизации условий ввода акустического сигнала были проведены исследования, в результате которых установлено, что интенсивность возбуждения поверхностной волны определяется положением точки выхода акустического луча относительно передней поверхности мениска контактной жидкости. В частности, при движении мениска относительно точки выхода акустического луча (точка 0) от  $-0,1a/\cos\varphi$  до  $a/\cos\varphi$ , интенсивность сигнала, отраженного от дефекта изменяется в пределах  $2\text{дБ}$  ( $a$  – радиус пьезокерамического преобразователя,  $\varphi$  – угол наклона призмы). Таким образом, изменение интенсивности отраженного сигнала близко к обычному изменению сигнала в про-