

Недостатком схемы *б* по сравнению со схемой *а* является необходимость постоянного контроля наличия «земли» перед началом эксперимента. Заземление вала с насаженным на него роликом или подшипником осуществляется путём прижатия медно–графитовой щётки к валу. Для того чтобы обеспечить хорошее заземление необходимо постоянно контролировать усилие прижатия щётки к валу.

Абсолютного значения нуля на окисленных поверхностях добиться невозможно, но при выборе масла с наилучшими триботехническими характеристиками этого и не нужно, так как все масла испытываются при одинаковом нулевом значении.

Была проведена комплексная оценка противозадирных свойств гидравлических масел.

**Заключение.** Разработана электрическая схема и методика, позволяющая оценивать эксплуатационные характеристики смазочных материалов на натуральных узлах трения.

### Литература

1.Холодилов О.В., Короткевич С.В., Бобович С.О., Соловей Н. Ф. Анализ противозадирных свойств моторных масел //Трение и смазка в машинах и механизмах, № 2, 2006, 6–15.

2.Короткевич С.В. Анализ фрикционных и механических свойств граничных смазочных слоёв с использованием методов электрофизического зондирования: автореф. дис. – канд. техн. наук. – Гомель: ИММС НАН Б, 2002, 21 с.

УДК 539.375:621.762

## АБРАЗИВНОЕ ИЗНАШИВАНИЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

П.Н. Богданович, д-р техн. наук, проф.,  
Д.А. Близнац, Д.В. Ткачук, канд. техн. наук  
Белорусский государственный университет транспорта  
(г. Гомель, Республика Беларусь)

**Введение.** Для разработки методов управления процессом абразивной обработки и снижения брака при производстве оптических изделий были выполнены исследования механизмов и особенностей разрушения стекла и сапфира при различных технологических режимах.

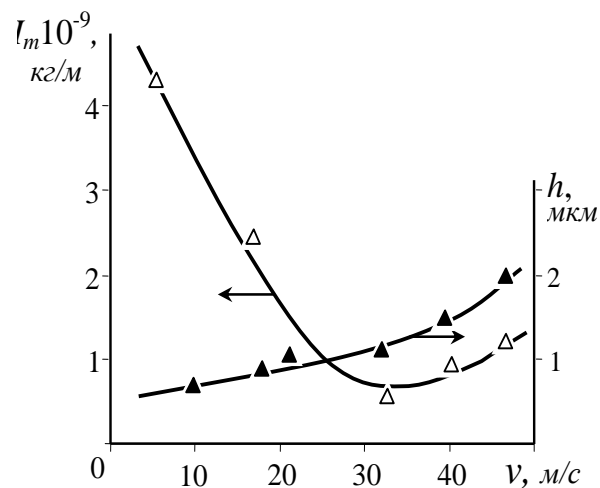
**Методика испытаний.** Исследования проводились на высокоскоростной машине трения по схеме «пластинка из кварцевого стекла или сапфира – абразивные частицы (карбид кремния дисперсностью 100 мкм, внедренные в цилиндрическую поверхность алюминиевого диска». Топография изношенных поверхностей изучалась с помощью лазерного сканирующего микроскопа LEXT3000. Температурное поле в зоне резания фиксировалось с помощью ИК–сканера IR Snap Shot.

**Результаты исследований.** Зависимость массовой интенсивности изнашивания  $I_m$  стекла от скорости скольжения  $v$  графически изображается кривой с минимумом, который смещается в область меньших скоростей при увеличении нормальной нагрузки  $N$  (рисунок 1). При  $v < 10$  м/с интенсивность изнашивания достигает максимума, а поверхность стекла покрывается многочисленными продольными бороздками – реализуется абразивное изнашивание.

С увеличением  $v$  до  $\sim 35$  м/с  $I_m$  снижается, что связано с уменьшением времени нахождения абразивных частиц в контакте со стеклом и глубины  $z$  их внедрения. На поверхности стекла появляются микротрещины, ориентированные перпендикулярно вектору скорости. При этом среднее значение глубины  $h$  распространения микротрещин и вклад усталостного разрушения в  $I_m$  стекла растут. Анализ профиля изнашиваемой поверхности и дна трещины указывает на крайне неравномерный характер ее распространения в глубину: от нуля до 2 мкм. Обнаружены также подповерхностные микротрещины, отслаивающие разрушаемый слой материала.

При  $v > 40$  м/с интенсивность изнашивания стекла и глубина трещин возрастают, что связано с повышением температуры на пятнах контакта и фрикционным нагревом тонкого поверхностного слоя, снижающим механические свойства материала, прилегающего к внедрившимся неровностям. Для более высоких скоростей и нагрузок возможно локальное оплавление стекла и перенос его на поверхность диска, при этом адгезионная составляющая изнашивания становится ведущей. Заметный вклад вносят температурные напряжения в окрестностях пятна контакта. В отдельных случаях ( $v > 80$  м/с) температурные напряжения достигают такой величины, что материал подвергается терморастрескиванию даже за пределами контактной площадки.

Покадровая развертка изнашивания стекла показала, что вначале появляются продольные бороздки, дно которых содержит микротрещины, перпендикулярные вектору скорости. Впоследствии длина микротрещин многократно увеличивается, появляются подповерхностные микротрещины, а при высокой



**Рисунок 1 – Влияние скорости скольжения абразива на интенсивность изнашивания и глубину трещин усталости при  $N = 0,9$  Н**

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. Бурченко, 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-