

УДК 53.043

ТЕПЛОЭКРАНИРУЮЩИЙ ЭФФЕКТ СМАЗОК КАК ФАКТОР ДЕСТРУКЦИИ ФРИКЦИОННОГО КОНТАКТА В ПОДВИЖНЫХ СОПРЯЖЕНИЯХ МАШИН

Попов Д.А., Кадырметов А.М., Мистюков Е.А.

ФГБОУ ВО Воронежский государственный лесотехнический университет
им. Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, Российская Федерация

В статье приведены основные результаты фундаментальных исследований о влиянии теплоэкранирующего эффекта смазок на неконтролируемый разогрев во фрикционном контакте, который может оказывать деструктивное влияние на структуру смазки и её способность обеспечивать низкий коэффициент трения и износ в сопряжениях деталей машин.

Ключевые слова: смазка; теплоэкранирующий эффект; износ

HEAT-SHIELDING EFFECT OF LUBRICANTS AS A FACTOR OF DESTRUCTION OF FRICTIONAL CONTACT IN MOVING JOINTS OF MACHINES

Kadyrmetov A.M., Popov D.A., Mistyukov E.A.

Voronezh State Forest Engineering University named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russian Federation

The article presents the main results of fundamental research on the influence of the heat-shielding effect of lubricants on uncontrolled heating in frictional contact, which can have a destructive effect on the structure of the lubricant and its ability to provide a low coefficient of friction and wear in the mating of machine parts.

Keywords: lubrication; heat shielding effect; wear

Природа теплоэкранирующего эффекта смазок на поверхности сопряжений деталей машин состоит в том, что температуропроводность смазок в разы ниже теплопроводности сплавов (примерно в 20 раз!) [1-3], традиционно применяемых для деталей пар трения. В результате такой разницы в температуропроводности, тепловой поток возникающий в элементарном фрикционном контакте при трении может распространяться в зоне трения не линейно, как это традиционно принято считать и использовать при тепловых расчётах сопряжений, а с эффектом задержки и отражения в направлении контртела, отчего в масштабах поверхности может возникать существенный перегрев, в первую очередь смазки, а значит вызывать её деструкцию и активное старение.

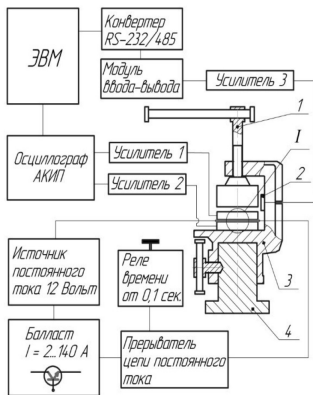


Рис. 1. «Блок-схема и общий вид измерительно-регулирующей аппаратуры и устройства [4]: 1 – имитационный узел; 1 – рукоятка зажима с винтовой передачей; 2 – тензорезистор; 3 – корпус зажимного устройства; 4 – основание

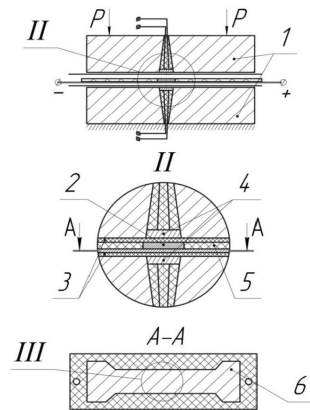


Рис. 2. Модель узла устройства, имитирующего фрикционную пару и температурную вспышку на ней [4]: I – область возникновения температурной вспышки; II – область распространения температуры; 1 – верхний и нижний образцы; 2 – масляная плёнка; 3 – пластинки слюды; 4 – горячие спаи термопар; 5 – регулировочная пластинка; 6 – нагревательный элемент; P – давление прижима, Pa

С целью проверки данной гипотезы нами была создана физическая модель (рис. 1, 2) стационарного фрикционного контакта

и разработана измерительная аппаратура. Подробное описание устройства и принципа имитации прохождения теплового импульса одновременно через сухой контакт (сухое трение) и через масляные пленки различной толщины (жидкостное трение) приведено в источнике [4].

По разнице в пространственно-временном распространении теплового потока можно судить о наличии экранирующего эффекта, его величине и возможном влиянии на смазку.

В результате проведённых испытаний было инструментально получено подтверждение гипотезы о наличии теплоэкранирующего эффекта, а также определена пространственно-временная область его распространения через смазанный контакт. Определено влияние толщины масляной плёнки (рис. 3) и мощности теплового импульса на величину нагрева термопары при прохождении потока через масляную плёнку [5].

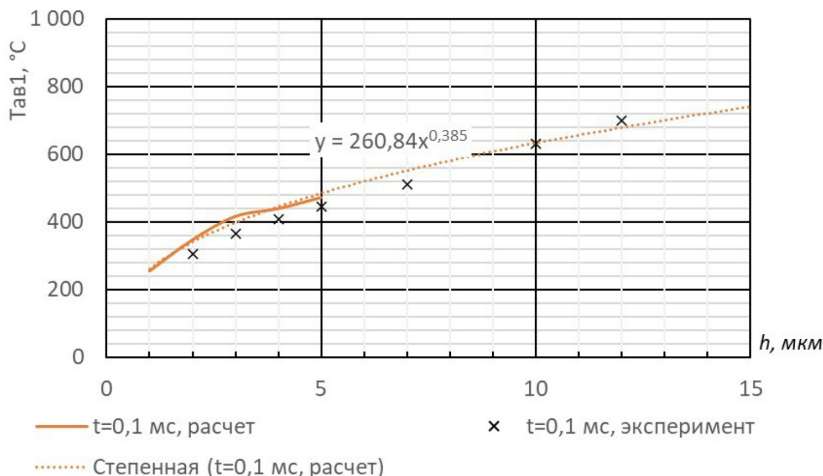


Рис. 3. Влияние толщины слоя смазки (h) во фрикционном контакте на величину температуры ($T_{ав1}$) прошедшей через слой h на термопаре от импульса тока мощностью $N_{э} = 330$ Вт при его воздействии в течении 0,1 мс, где пунктирная линия получена в результате расчета [5], «крестики» – результат эксперимента, а пунктирная линия – степенная аппроксимация экспериментальных данных.

В результате аналитических расчётов [5] было обосновано возникновение теплоэкранирующего эффекта на смазанном фрикци-

онном контакте, а в ходе экспериментальных исследований была установлена область его пространственно-временного распространения. Отмечено, что экранирующий эффект масел взаимосвязан не только с величиной теплового импульса ($N\theta$) и продолжительностью его воздействия, но толщиной (h) смазки в контакте сопряжений. При это толщина смазки может оказывать накопительный эффект на температуру (рис. 3), а значит способствовать росту температуры в зоне трения и как следствие разогреву не только смазки, но и металлических материалов пары трения. В ходе экспериментальных наблюдений было отмечено, что экранирующий эффект смазки возникает уже при продолжительности воздействия импульса 0,1 мс и толщине смазочного слоя 1 мкм, разогревая микроконтакт до 500°C и более. С повышением продолжительности теплового импульса более 10 мс эффект экранирующего действия смазок сглаживался из-за недостаточной точности регистрирующих устройств и скорости распространения теплового потока. Очевидно, что такая температура, пусть даже в зоне микроконтакта, способна привести к изменению химического состава и свойств смазки (старению), а значит ухудшить смазочную способность смазки, особенно в парах трения, работающих при высоких скоростях трения и контактных нагрузках.

Список литературы

1. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / А. В. Чичинадзе, Э. М. Берлинер, Э. Д. Браун и др.; под общ. ред. А. В. Чичинадзе. М.: Машиностроение, 2003. 576 с.
2. Чичинадзе А. В. Трибологический тепловой режим в зубчатых передачах // Машиностроитель. 2000. № 10. С. 3-46.
3. Хембды М., Чичинадзе А. В. Справочник по триботехнике. Т. 1. Москва: Машиностроение, 1992. 354 с.
4. Попов Д. А., Кадырметов А. М., Пустовалов А. С. Устройство для исследования теплоэкранирующего действия граничных масляных плёнок // Сборник докладов по итогам Международной технической конференции «Мехтриботранс – 2016». Ростов-на-Дону, Ростовский государственный университет путей сообщения. 2016. Т. 1. С. 223-227.

5. Попов Д. А., Кадырметов А. М., Заикин В. В., Синельников А. Ю. Аналитический расчёт температуры на поверхности трения с учётом экранирующего действия тонких граничных плёнок // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции. Воронеж. 2016. № 5. Ч. 4 (25-4). С. 115-120.

References

1. *Friction, wear and lubrication (tribology and tribotechnics)* / A. V. Chichinadze, E. M. Berliner, E. D. Braun, et al; ed. by A. V. Chichinadze. Moscow: Mashinostroenie, 2003. 576 p.
2. Chichinadze A. V. Tribological thermal mode in gear transmissions. *Mashinostroitel*. 2000. № 10. P. 3-46.
3. Hembdy M., Chichinadze A. V. *Reference book on tribotechnics*. Vol. 1. Moscow: Mashinostroenie, 1992. 354 p.
4. Popov D. A., Kadyrmetov A. M., Pustovalov A. S. Device for investigation of heat shielding action of boundary oil films. *Collection of reports on the results of the International Technical Conference "Mehtribotrans - 2016"*. Rostov-on-Don, Rostov State University of Railway Transport. 2016. Vol. 1. P. 223-227.
5. Popov D. A., Kadyrmetov A. M., Zaikin V. V., Sinelnikov A. Yu. V. V., Sinelnikov A. Yu. Analytical calculation of the temperature on the friction surface taking into account the shielding effect of thin boundary films. *Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice: collection of scientific papers on the materials of the international extramural scientific-practical conference*. Voronezh. 2016. № 5. Part 4 (25-4). P. 115-120.