

Оглоблин Г.В., Иваненко В.Ф., Гусейнов И.

АмГПГУ, Комсомольск на Амуре, Россия.

e-mail: g-ogloblin@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СУХОГО И МОКРОГО ТРЕНИЯ ПАРЫ МЕТАЛЛОВ ЧУГУН – СТАЛЬ

Предлагается техника и методика исследования коэффициентов трения пары чугун-сталь с помощью жидкокристаллического детектора по тепловым потерям.

Ogloblin, G.V., Ivanenko V.F. Huseynov I.

AmGPGU, Komsomolsk on Amur, Russia.

e-mail: g-ogloblin@yandex.ru

STUDY OF DRY AND WET FRICTION PAIRS OF METAL CAST IRON- STEEL

A technique and method research of coefficients of friction pairs of cast iron-steel using liquid crystal detector heat losses.

Возможность получения градиентных тепловых картин исследуемых объектов с помощью жидких кристаллов [1] позволяет в широких пределах проводить как качественный анализ, что немаловажно при разработке конкретных деталей, но и провести количественные расчёты для каждого конкретного случая.

В качестве примера рассмотрим применение жидких кристаллов в исследовании сухого и мокрого трения по тепловым полям при взаимодействии пары стальной колодки и чугунного диска.

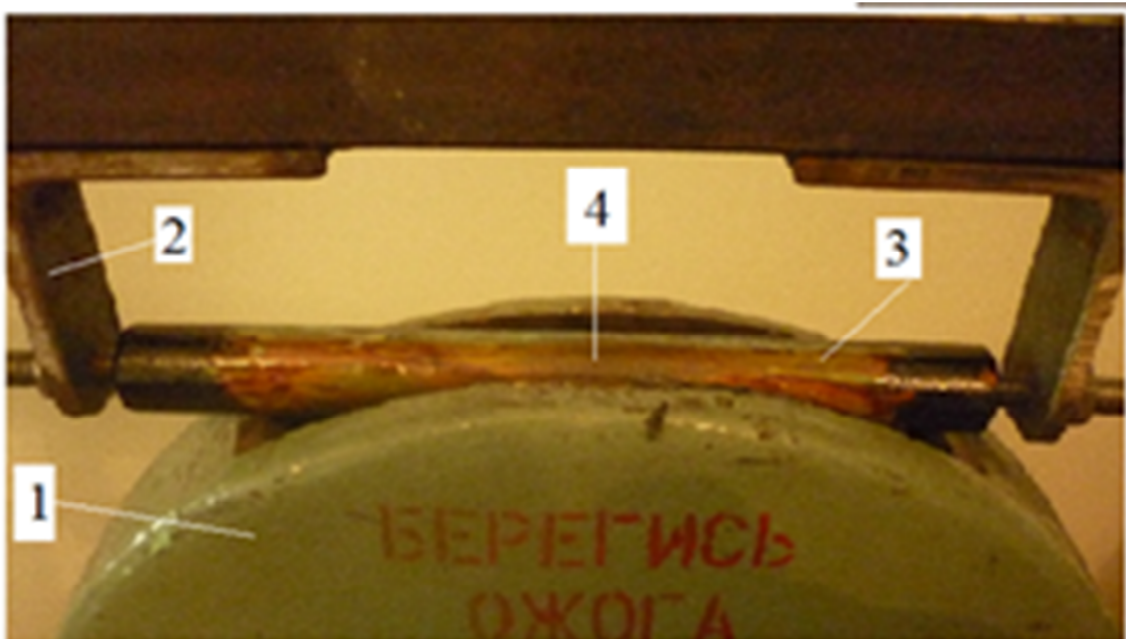


Рис. 1. Узел экспериментальной установки по исследованию сухого и мокрого трения по тепловым полям. 1. Корпус с подвижным чугуном диском. 2. Суппорт. 3. Стальная колодка. 4. Слой жидких кристаллов холестерического типа с мезофазой 40-45°С.

На рис.1 представлен узел исследовательской установки. Где 1 – корпус с подвижным чугуном диском. 2-узел крепления колодки. 3-стальная калодка с нанесённым слоем жидких кристаллов. 4-зона контакта пары чугун-сталь. Применяются термотропные жидкие кристаллы с мезофазой 40 – 45°С. Жидкие кристаллы нагревают до изотропного состояния. Калиброванный, равномерный слой жидких кристаллов по всему образцу, создают нагревом стальной колодки до 50°С, а затем её охлаждают до рабочего состояния. Для увеличения контрастности изображения стальная колодка, перед нанесением жидких кристаллов, покрывается чёрной эмалью (покрытию необходимо сутки отстояться, чтобы исключить побочные эффекты).

Опыт проводят в двух вариантах:

1. Сухое трение пары чугун-сталь.

Исходные данные:

Теплофизические параметры стали 08Х18Н10Т [8]:

$$\rho = 8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3; t_2 = 24 \text{ }^\circ\text{C}; C_v = 756 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$$



Рис. 2. Активный элемент в начальной стадии процесса. Температура 24°C.
 Масса активного элемента -0,054кг.

При проведении измерений возможны два варианта считывания информации по теплоте, где расчёт ведётся по формуле $Q = C_v \cdot m(t_1 - t_2)$.

1 вариант - мы не учитываем температуру смещения рис.2. Тогда

$$Q_1 = C_v \cdot m (45^\circ\text{C} - 24^\circ\text{C}) = 756 \cdot 0,054 \cdot 21 = 857,304 \text{ дж}$$

2 вариант .



Рис.3.Активный элемент прогрет до температуры 40°C.
 С учётом смещения.

$$Q_1 = C_v \cdot m (40^\circ\text{C} - 45^\circ\text{C}) = 756 \cdot 0,054 \cdot 5 = 204,12 \text{ дж}$$

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 = 857,304 - 204,12 = 653,184 \text{ Дж},$$

Где $\Delta Q = 653,184$ Дж это количество тепла необходимое для обеспечения смещения рабочей точки холестерических жидких кристаллов для данного случая и датчика, при температуре окружающей среды 24°C и жидких кристаллов с мезофазой $40-45^\circ\text{C}$.

На рис.4 приведён результат опыта характерный для первого и второго варианта это зависимость температур от времени для сухого и мокрого трения. Кривая 1 характеризует изменение температуры в случае сухого трения, кривая 2 в случае мокрого. Для достижения температуры 45°C стальной колодки при сухом трении требуется 35с при мокром трении 110с. В результате на активном элементе отображается цветовая картина температурного поля, а точнее градиентная термограмма рис.6 и рис.7.

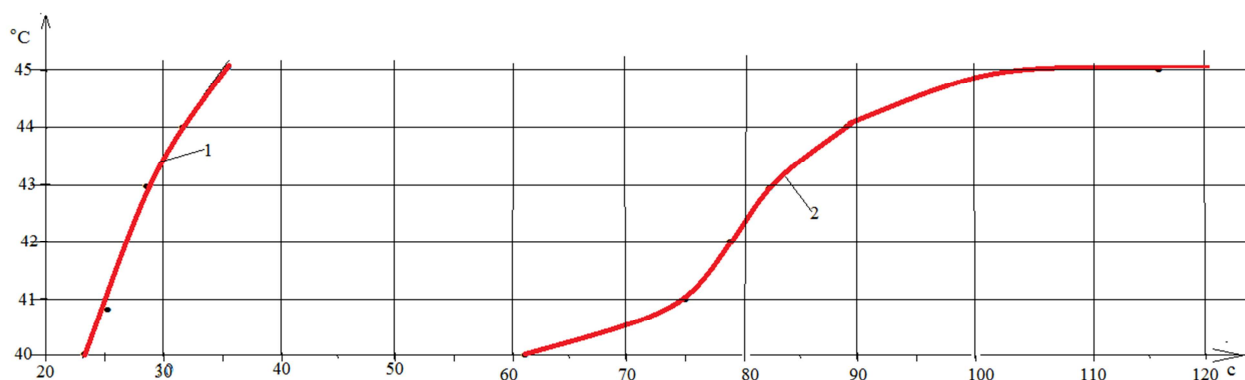


Рис.4. График изменения температуры стальной колодки во времени для случая сухого трения 1. Мокрого трения 2.



Рис.6

а.Градиентная термограмма сухого трения пары чугун-сталь за промежуток времени 56с.1. Корпус с подвижным чугунным диском. 2.Рычаг с креплением

для стальной колодки. 3. Стальная колодка. 4. Линейка. 5. Активная зона покрытая жидкими кристаллами. а, б – границы теплового поля красная изотерма.

б. Градиентная термограмма мокрого трения (автол) пары чугун-сталь за промежуток времени 132с. Где (а-б) активная зона, красная изотерма -40°C .

Информация с термограммы считывается с помощью градуированной шкалы цветности рис.5 по основным цветам оптического спектра. Таких цветов 7 .

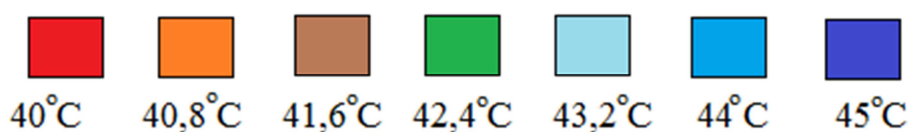


Рис.5. Градуированная шкала. 40°C – красный цвет, $40,8^{\circ}\text{C}$ – оранжевый цвет, $41,6^{\circ}\text{C}$ – коричневый цвет, $42,4^{\circ}\text{C}$ – зелёный, $43,2^{\circ}\text{C}$ – голубой, 44°C – синий, 45°C – ультрафиолет.

Из сопоставления термограмм и временного промежутка рис.6(а и б) можно отметить увеличение временного промежутка 2,35 раза. Что характеризует уменьшение силы трения в паре за счёт смазки. Определим работу, совершаемую в процессе взаимодействия пары считая, что сила трения

$$F_{\text{тр}} = \frac{1}{V} \frac{dA}{dt}, \quad (1)$$

где $\frac{dA}{dt}$ – мощность фрикционных потерь.

Преобразуем данное выражение

$$dA = F_{\text{тр}} V dt,$$

проинтегрируем левую и правую части уравнения. Получим

$$A = \int_0^t F_{\text{тр}} V dt = F_{\text{тр}} V t \quad \text{или}$$

$$A = F_{\text{тр}} V t, \quad (2)$$

где A – работа сил трения, V – скорость трущихся тел, t – время. $F_{\text{тр}}$ – сила трения скольжения.

Тогда для сухого трения

$$A = F_{\text{тр}} V t, \quad (3)$$

Для мокрого

$$A_1 = F_{\text{тр}1} V t_1, \quad (4)$$

Расчёт и отношение величин A и A_1 позволит провести количественный анализ фрикционных потерь.

Если,

$$C = \frac{A}{A_1} \quad (5)$$

то

$$C = \frac{F_{\text{тр}} V t}{F_{\text{тр}1} V t_1} \quad (6)$$

$$C = \frac{F_{\text{тр}} t}{F_{\text{тр}1} t_1}, \quad (7)$$

где C – коэффициент отношений фрикционных потерь сухого и мокрого трения. Подставляем в (7) значения величин

$$C = \frac{kt}{k_1 t_1} = \frac{0,17 \cdot 56}{0,07 \cdot 132} = 1,030 \quad (8)$$

где для пары сталь-чугун в режиме сухого трения $k = 0,17$, время взаимодействия $t = 56$ с, в режиме мокрого трения для пары сталь-чугун $k_1 = 0,07$ при времени взаимодействия $t_1 = 132$ с.

Таким образом, по градиентной термограмме мы отобразили тепловые поля, где количество тепла первого поля $Q_1 = C_v m (t_1 - t_2)$ и количество тепла второго поля $Q_2 = C_v m (t_1 - t_2)$ при этом $Q_1 = Q_2$ или с учётом смещения отношение

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{204,12}{204,12} = 1, \quad (9)$$

Но для сухого трения Q_1 выделилось за время 56с для мокрого Q_2 за время 132 с, фрикционные потери одинаковы (8),(9). Таким образом, показана эффективность смазки.

Если воспользоваться выражение (8) можно по тепловому полю жидких кристаллов определять коэффициенты трения сухого контакта или мокрого. Например: на 22 с мы получили в режиме сухого трения термограмму области

контакта рис.8 при этом $k = 0,17$ тогда для смазанного контакта $k_1 = 0,07$ время появления температурного поля 53,4с рис.7 а, б.

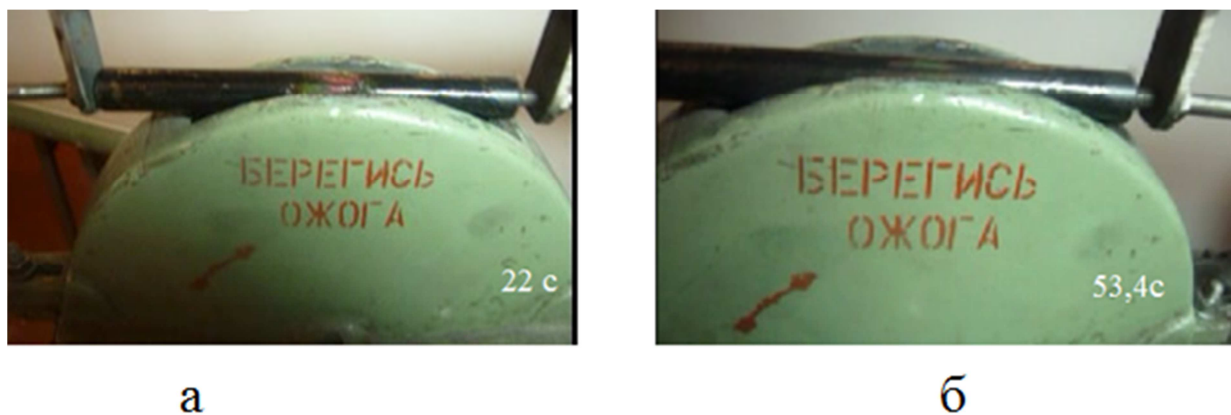


Рис.7. Термограммы для:

а. Сухого трения 22с. б. Для мокрого трения через 53,4с от начала процесса.

Вывод по первой главе.

1. Определена группа термотропных жидкокристаллических веществ, для моделирования тепловых процессов в интервале от 18°C до 45°C . Такие как: жидкокристаллические термоиндикаторы с мезофазой $18-23^{\circ}\text{C}$, $23-27^{\circ}\text{C}$, $27-32^{\circ}\text{C}$ – для температур от $40-45^{\circ}\text{C}$. Применения данных термоиндикаторов в большинстве случаев позволяет обойтись без температурного смещения от внешнего источника.
2. Отработана техника и методика применения жидких кристаллов для решения конкретной задачи.
3. Определена зона нагрева активного элемента её динамика во времени в зависимости от условий контакта пары чугун – сталь.
4. Проведены количественные расчёты тепловых потерь в паре чугун-сталь для сухого и мокрого трения.
5. По предложенной методике полагая $S=1$ (отношение фрикционных потерь) можно рассчитать коэффициенты трения для любых взаимодействующих пар

металлов по их градиентным температурным полям во времени сухого и мокрого контакта.

Литература

1. П.де Жен, Физика жидких кристаллов.Изд.Мир,М.1977.,с.400.
2. Блинов Л.М. Электро и магнитооптика жидких кристаллов. Изд. Наука. М.,1978,с.384.
3. Пикин С.А. Структурные превращения в жидких кристаллах. Изд.Наука.М.,1981,с.336.
4. J.L. Ferguson. Cholesteric structure1.Optical properfies. Mol. Crystals. Vol 1. P. 293-307.April. 1966.
5. Огастин, Кок. Голограммы СВЧ с использованием визуальной индукции поля в жидких кристаллах./ТИИЭР.Т.57.№3.1969.С.112.
6. Штокман, Зарвин. Оптические плёночные датчики для радиоголографии. /ТИИЭР.Т.56,№5.1968.С.114-115.
7. Огастин. Визуальные наблюдения картины поля. /Электроника. Т.41, №12, 1968., с.28-33.
8. Пикин С.А., Блинов Л.М. Жидкие кристаллы. Изд. Наука. М.,с.207.
9. Беляков В.А. Жидкие кристаллы. Изд.Знание.М.,с.159.

