

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФРИКЦИОННОЙ ПАРЫ
ТОРМОЗНОГО МЕХАНИЗМА
С РАВНОМЕРНЫМ ДАВЛЕНИЕМ

Эврен Велизаде

Азербайджанский технический университет

Неравномерное распределение контактного давления на поверхности трения служит причиной неравномерного износа накладки и барабана. В связи с этим, необходимо, чтобы проектируемая фрикционная пара «барабан-накладка» обладала минимальной неравномерностью распределения давления на трущихся поверхностях барабана и накладки. Повышению работоспособности фрикционной пары тормозного механизма «барабан-накладка» будет способствовать разработка математической модели контактного взаимодействия и изнашивания для фрикционной пары «барабан-накладка», позволяющей рассчитать оптимальную микрогеометрию поверхности трения, при которой распределение контактного давления близко к равномерному для заданных режимах торможения автомобиля.

Рассмотрим напряженно-деформированное состояние фрикционной накладки при торможении автомобиля. При многократном повторно-кратковременном режиме торможения происходит взаимодействие между контактирующими поверхностями накладки и барабана, возникают силы трения, приводящие к изнашиванию материалов сопряжения.

Считается, что к внутренней поверхности барабана прижимается накладка. При этом область контакта занимает всю ширину накладки и не меняется при торможении. Полагаем, что выполняются условия плоской деформации.

Отнесем наладку к полярной системе координат.

Представим неизвестную границу наружного контура накладки в виде

$$r = \rho(\theta), \quad \rho(\theta) = R + \varepsilon H(\theta), \quad H(\theta) = \sum_{k=0}^{\infty} \left(a_k^0 \cos k\theta + b_k^0 \sin k\theta \right),$$

в котором функция $H(\theta)$ подлежит определению.

Аналогично, неизвестный заранее внутренний контур барабана близок круговому и может быть представлен в виде

$$\rho_1(\theta) = R_1 + \varepsilon H_1(\theta), \quad H_1(\theta) = \sum_{k=0}^{\infty} \left(a_k^1 \cos k\theta + b_k^1 \sin k\theta \right),$$

в которой функция $H_1(\theta)$ также подлежит определению при решении задачи оптимизации.

Требуется определить микрогеометрию поверхности трения (функции $H(\theta)$ и $H_1(\theta)$), при которых распределенное контактное давление трущейся пары было бы близко к равномерному для заданных режимах торможения автомобиля. Это дополнительное условие позволяет определить искомые функции $H(\theta)$ и $H_1(\theta)$.

Для решения поставленной задачи оптимизации вначале решается [1] износоконтактная задача о вдавливании накладки в поверхность барабана.

Условие, связывающее перемещения накладки и барабана, имеет вид

$$v_1 + v_2 = \delta(\theta), \quad |\theta| \leq \theta_0, \quad (1)$$

где $\delta(\theta)$ – осадка точек поверхности накладки и барабана, определяемая формой поверхности накладки и барабана, а также величиной прижимающей силы P ;

$2\theta_0$ – угол обхвата фрикционных накладок.

Для определения перемещений накладки и барабана соответственно решаются задачи термоупругости и используется кинетическое уравнение изнашивания материала для накладки и барабана [2].

В зоне контакта, помимо нормального давления $p(\theta, t)$, действует касательное усилие, связанное с контактным давлением по закону Амонтона-Кулона. Усилия трения $\tau_{r\theta}(\theta, t)$ способствуют тепловыделению в области контакта. Формула для контактного давления, которую символически можно записать в виде

$$p(\theta, t) = (\theta, t, a_0^0, a_k^0, b_k^0, a_0^1, a_k^1, b_k^1) \quad (k = 1, 2, \dots, m), \quad (2)$$

показывает, что контактное давление линейно зависит от искомым коэффициентов $a_k^0, b_k^0, a_k^1, b_k^1$ рядов Фурье функций $H(\theta)$ и $H_1(\theta)$.

Таким образом, функции $H(\theta)$ и $H_1(\theta)$, описывающие профиль поверхности трения, должны быть выбраны так, чтобы обеспечивалось равномерное распределение контактного давления наилучшим образом. Для построения недостающих алгебраических уравнений для нахождения коэффициентов $a_k^0, b_k^0, a_k^1, b_k^1$ используем принцип наименьших квадратов.

Знание коэффициентов $a_k^0, b_k^0, a_k^1, b_k^1$ функций $H(\theta)$ и $H_1(\theta)$ позволяет на стадиях проектирования и изготовления выбирать класс шероховатости обработанной внешней поверхности накладки и внутренней поверхности тормозного барабана, обеспечивающий повышение износостойкости фрикционной пары тормозной системы грузового автомобиля за счет равномерного распределения контактного давления.

Литература

1. Мирсалимов В. М., Гасанов Ш. Г., Гейдаров Ш. Г. Износоконтактная задача о вдавливании колодки с фрикционной накладкой в поверхность барабана. *Трибология – машиностроению: тр. XII междунар. науч.-техн. конф., посв. 80-летию ИМАШ РАН (Москва, 19–21 нояб. 2018 г.)*. Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2018. С. 342–344.
2. Горячева И. Г., Добычин М. Н. Контактные задачи в трибологии. Москва: Машиностроение, 1988. 256 с.

Спасибо за внимание