



Дудников А. А.

Лапенко Т. Г.

Полтавская  
государственная  
аграрная академия

УДК 621.9

**К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ МАШИН  
РАСЧЕТНО –  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ  
МЕТОДОМ**

*В статье рассмотрены основные факторы, влияющие на износостойкость трущихся поверхностей деталей.*

*In the article the pacing factors influential in a wear resistance of surfaces of details are considered which contact.*

При контакте сопрягаемых поверхностей и их перемещении в поверхностных слоях возникают различного вида взаимодействия, приводящие к разрушению микрообъемов их материала, т.е. к износу вследствие трения. Износ поверхности находится в зависимости от напряженного состояния, определяемого нагрузкой, геометрическим очертанием микроповерхностей, физическими свойствами материала, видом трения и других факторов.

Проблема трения и изнашивания является комплексной и базируется на фундаментальных законах физики, химии, механики, материаловедения [1]. Трение – главный фактор износа контактирующих поверхностей деталей машин в процессе их эксплуатации.

Закон изнашивания в общем случае должен учитывать физико-химические и механические явления, протекающие в материале соприкасающихся тел, а также изменения контактной ситуации (изменение кинематики движения, состава поверхностных слоев материалов и их структуры, состояния смазочного слоя, геометрических характеристик поверхности контакта, вида нагружения и др.). Существенными особенностями, которые необходимо учитывать при выборе метода определения износа, являются: зависимость интенсивности изнашивания от влияния окружающей среды; наличие значительных напряжений, деформаций; воздействие тепловых источников; диффузионных процессов; кинематики контакта. Нельзя не учитывать неравномерность износа поверхности, наличие концентраторов

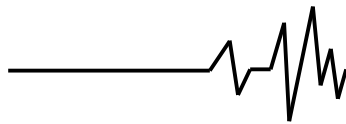
напряжений, неоднородность свойств поверхностных слоев материала.

Сила трения оказывает существенное влияние на напряженное состояние в зоне контакта и, следовательно, на характер усталостного разрушения. Установлено, что при незначительных касательных напряжениях усталостная прочность материала определяется глубинными напряжениями, а при больших – напряжениями в поверхностных слоях.

Сила трения способствует увеличению напряжений сдвига в материале контактной поверхности. В результате увеличения температуры в зоне контакта наблюдается изменение формы соприкасающихся тел, что вызывает перераспределение напряжений, деформаций и интенсификацию изнашивания. В случае осесимметричного контакта термоконтактный критерий может быть определен по следующей зависимости:

$$K_T = \frac{\pi}{4A} \cdot \frac{f[(1+\mu_1)\alpha_1 + (1+\mu_2)\alpha_2]}{\lambda_1 + \lambda_2} \cdot x \left( \frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2} \right) \cdot \omega R_{np}^2 \sigma_n^2, \quad (1)$$

где  $f$  – коэффициент трения;  $A$  – механический эквивалент теплоты;  $\mu_1$  и  $\mu_2$  – коэффициенты Пуассона;  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – термические коэффициенты линейного расширения;  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  – теплопроводности материала контактируемых тел;  $E_1$  и  $E_2$  – модули упругости материалов;  $\omega$  – относительная угловая скорость сжатых тел;  $R_{np}$  – приведенный радиус кривизны.



При увеличении данного критерия происходит рост давления в зоне контакта и уменьшение площади контакта, что оказывает существенное влияние на поверхностную прочность материала.

Шероховатость поверхности контактируемых тел существенно влияет на характер изнашивания. Механические свойства материалов определяют степень влияния нагрузки на фактическую площадь контакта. При пластической деформации фактическая площадь контакта  $S_{\phi}$  в основном определяется величиной нагрузки и пластическими свойствами материала:

$$S_{\phi} \approx \frac{N}{HB}, \quad (2)$$

где  $N$  – нормальная нагрузка;  $HB$  – твердость по Бринеллю.

Значительный рост интенсивности изнашивания наблюдается при достижении контактными напряжениями величины предела текучести материала трущихся поверхностей. Наличие же слоя смазки между контактируемыми телами способствует снижению изнашивания. Отсутствие смазочной пленки вызывает режущее действие твердых частиц и приводит к абразивному изнашиванию, главными факторами которого являются: нагрузка, размер и форма абразивных частиц, соотношение твердости изнашиваемого материала и абразивных частиц. Уменьшить интенсивность абразивного изнашивания можно за счет повышения твердости контактирующих поверхностей и уменьшения их шероховатости.

Усталостные явление сопровождают процессы абразивного изнашивания. Существуют условия для возникновения усталостного изнашивания, как основного механизма поверхностного разрушения. Интенсивность изнашивания  $I_h$  при абразивном изнашивании может быть определена по следующей зависимости [2]:

$$I_h = K \frac{N}{HB}, \quad (3)$$

где  $K$  – коэффициент.

Процессы формирования и разрушения поверхностных слоёв в значительной степени зависят от временного фактора, состоящего из четырех отрезков времени:

1. Среднее время единичного контакта:

$$t_{к.ср} = \frac{d_{\phi}}{v}, \quad (4)$$

где  $d_{\phi}$  – средний диаметр пятна фактического контакта;  $v$  – скорость относительного движения.

Это время максимального силового и теплового воздействия на материалы в контактной зоне, в течение которого происходят структурные и фазовые превращения в поверхностных слоях материалов.

2. Среднее, свободное от непосредственного контакта микровыступов время между очередным контактированием [3]:

$$t_{к.св} = \frac{\pi \cdot HB \cdot d_{\phi}}{8 p_n \cdot v}, \quad (5)$$

где  $p_n$  – номинальное давление;  $HB$  – твердость менее твердого материала.

3. Время контакта по номинальной площади:

$$t_{к.н} = \frac{2b}{v}, \quad (6)$$

где  $2b$  – длина площади контакта.

4. Свободное время до возникновения очередного номинального контакта, которое является особенно важным фактором для циклически повторяющихся контактов, что наблюдается при вибрационном и ультразвуковом нагружении. В течение данного времени окружающая среда оказывает физико-химическое воздействие на свободную поверхность деталей. Это время определяет также период охлаждения вне контакта деталей.

Если в процессе изнашивания преобладает механическое разрушение поверхностей, то целесообразно экспериментально определять зависимость интенсивного изнашивания:

$$I_{h.н} = \frac{h}{S_{ТР}}, \quad (7)$$

где  $h$  – толщина изношенного слоя;  $S_{ТР}$  – путь трения.

Приведенные критериальные соотношения являются основными структурными составляющими в уравнениях для расчета интенсивности изнашивания и могут быть полезны для разработки ускоренных методов исследований.

### Литература

1. Буше Н.А., Копытько В.В. Совместность трущихся поверхностей. М.: Наука, 1986. – 360с.

2. Крагельский Н.В. Трение, изнашивание и смазка. – М.: Машиностроение, 1978. – 399с.

3. Сода Н., Сосада т. Механизм смазки молекулами окружающего газа при адгезионном износе. – Проблемы трения и смазки. – М.: Мир, 1978. – 55с.