

УДК 62-2-044.952

О. В. Душко

МЕТОД МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МИКРОСТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРУЩИХСЯ ТЕЛ

С помощью теории случайных функций изучена микроструктура поверхностей образцов трущихся тел.

К л ю ч е в ы е с л о в а: износ, интенсивность износа, микроструктура поверхности, шлифование, механическая обработка.

With the help of random numbers theory the microstructure of samples of rubbing solids was studied.

K e y w o r d s: wearout, wearout rate, surface microstructure, grinding, mechanical processing.

Наибольшее внимание при разработке методов расчета деталей на износ в основном уделяют методам расчета типовых наиболее изнашиваемых узлов машин: направляющих металлорежущих станков, зубчатых передач, подшипников скольжения и качения, кулачковых механизмов, фрикционных передач, уплотнений валов, поршней буровых насосов [1—5]. К расчету указанных сочленений имеются различные подходы и разработки, которые подробно описаны в технической литературе и используются на практике.

Во многих случаях для расчета типовых узлов, например направляющих станков, целесообразно использовать простую формулу износа, предложенную А. С. Прониковым [6]:

$$И = K p^m v^n t,$$

где $И$ — величина износа; K — коэффициент; p — давление; v — скорость скольжения; t — время работы сочленения.

Заметим, что здесь коэффициент K предполагается определять на основании моделирования процесса изнашивания материалов пар трения с учетом условий эксплуатации и проведения необходимых экспериментов на изнашивание с последующей обработкой полученных результатов на ЭВМ.

С другим методом расчета деталей на износ можно познакомиться в работах Ю. Н. Дроздова (Институт машиноведения РАН). Суть этого метода заключается в определении условий отсутствия заедания и повышенного износа. Расчетные зависимости представляются в критериальном виде через комплексы, характеризующие реологические процессы, диссипацию энергии, диффузионные процессы, физико-механические характеристики материалов пар трения. Расчет сочетается с использованием результатов, полученных экспериментально, с данными исследования динамики процесса заедания.

Однако при подобных расчетах приходится сталкиваться с трудностями математического анализа физико-химических изменений, происходящих в поверхностных слоях трущихся материалов.

Главным неудобством, на наш взгляд, этих и других методов является отсутствие единого критерия, позволяющего сравнивать как сами методы, так и результаты исследований.

Если же вернуться к классическому пониманию трения, которое идет еще от Кулона, и принять утверждение, что возникновение трения скольжения объясняется наличием шероховатости поверхностей трущихся тел, что все теории трения так или иначе «завязаны» на эксперимент, то считаем возможным и, как нам кажется, весьма полезным ввести единый «измеритель» шероховатости тел, который может быть получен путем математической обработки результатов натурного изучения микроструктуры поверхностей образцов трущихся тел (профилограмм).

Известно, микроструктура поверхности в увеличенном виде представляет собой линию шероховатости, которая состоит из выступов и впадин, причем в их чередовании нет четкой закономерности, да и отклонения по высоте различны.

Из теории случайных функций известно, что такие кривые могут быть оценены вполне конкретными понятиями, характеризующимися математическим ожиданием и моментами второго порядка: дисперсией и корреляционной функцией [7, 8].

Математическое ожидание представляет собой среднее значение функции на любом участке наблюдения и определяется формулой

$$M_{H_K} = \sum_{K=1}^n P_K(H_K) H_K,$$

где $P_K(H_K)$ — частота появления неровностей высотой H_K .

Дисперсность характеризует рассеивание величины H_K относительно математического ожидания и выражается формулой

$$D_{H_K} = \sum_{K=1}^n P_K(H_K) (H_K - MH_K)^2,$$

где $(H_K - MH_K)$ есть центральная высота неровности.

Если считать отклонение высоты неровности от математического ожидания, то $MH_K = 0$. В этом случае дисперсия будет представлять собой квадрат среднеквадратического отклонения и определится по формуле

$$D_{H_K} = \sum_{K=1}^n P_K(H_K) (H_K)^2.$$

Тогда дисперсия измеряется в квадратных единицах случайной величины H_K , а рассеивание значений этой величины можно характеризовать средним квадратичным отклонением:

$$\sigma_{H_K} = \sqrt{D_{H_K}}.$$

При изучении образца известного металла, обработанного определенным инструментом до выбранной чистоты поверхности, можно установить шероховатость в линейных единицах и сравнить, в каком из рас-

смазочных вариантов трение скольжения будет выше. Очевидно, в том, когда σ_{H_k} окажется больше.

Все это не противоречит методологии Ю. Н. Дроздова в части условий заедания и повышенного износа. Предлагаемый нами подход позволит установить частоту повторения «гребешков» шероховатости через спектральную плотность поверхностей, которую можно получить для конкретного образца через корреляционную функцию выступов и интеграл Фурье.

Корреляционная функция характеризует связь между ординатами этой функции, смещенными друг относительно друга на некоторый шаг квантования $\Delta\tau$:

$$R(\tau) = M H_k [H(\tau)H(\tau + \Delta\tau)],$$

где $R(\tau)$ — корреляционная функция.

Спектральная плотность $\Phi(\omega)$ может быть получена:

$$\Phi(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} R(\tau)e^{i\omega\tau} d\tau.$$

Предлагаемый метод можно автоматизировать и довольно быстро получать значения неровностей и частоту их повторения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Влияние УДП присадки меди в смазке на процессы трения и изнашивания / А. В. Колубаев, С. А. Ларионов, С. Ю. Тарасов, С. А. Беляев // Вестник Томского архит.-строит. ун-та. 2000. № 2. С. 232—238.
2. Губанок И. И., Барцев И. В., Музалевский В. И. Современные и перспективные опоры и уплотнения газовых компрессоров // Компрессорная техника и пневматика. 2003. № 6. С. 14—18.
3. Макаренко Н. Г. Электрохимическое упрочнение и восстановление трибосистем // Омский научный вестник. 2004. 248 с.
4. Малинок М. В. Влияние фуллеренсодержащих присадок СОТС на износ в трибосопряжениях // Современное машиностроение. 1999. Вып. 1. С. 101—104.
5. Мельников В. Г. Об использовании понятия энергии активации трибохимических реакций смазочных материалов в зоне трения качения // Защита металлов. 2003. Т. 39, № 6. С. 606—613.
6. Проников А. С. Надежность машин. М. : Машиностроение, 1978. 590 с.
7. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М. : Физматгиз, 1958. 512 с.
8. Пугачев В. С. Теория случайных функций и ее применение к задачам автоматизированного управления. М. : Физматгиз, 1960. 386 с.

1. Vliyanie UDP prisadki medi v smazke na protsessy treniya i iznashivaniya / A. V. Kolubaev, S. A. Larionov, S. Yu. Tarasov, S. A. Belyaev // Vestnik Tomskogo arkh.-stroit. un-ta. 2000. № 2. S. 232—238.
2. Gubanok I. I., Bartsev I. V., Muzalevskiy V. I. Sovremennyye i perspektivnyye opory i uplotneniya gazovykh kompressorov // Kompessornaya tekhnika i pnevmatika. 2003. № 6. S. 14—18.
3. Makarenko N. G. Elektrokhimicheskoye uprochneniye i vosstanovleniye tribosistem // Omskiy nauchnyy vestnik. 2004. 248 s.
4. Malinok M. V. Vliyanie fullerensoderzhashchikh prisadok SOTS na iznos v tribosopryazheniyakh // Sovremennoye mashinostroeniye. 1999. Vyp. 1. S. 101—104.
5. Mel'nikov V. G. Ob ispol'zovanii ponyatiya energii aktivatsii tribokhimicheskikh reaktsiy smazochnykh materialov v zone treniya kacheniya // Zashchita metallov. 2003. T. 39, № 6. S. 606—613.

6. *Pronikov A. S. Nadezhnost' mashin.* М. : Mashinostroenie, 1978. 590 s.
7. *Ventsel' E. S. Teoriya veroyatnostey.* М. : Fizmatgiz, 1958. 512 s.
8. *Pugachev V. S. Teoriya sluchaynykh funktsiy i ee primeneniye k zadacham avtomatizirovannogo upravleniya.* М. : Fizmatgiz, 1960. 386 s.

© Душко О. В., 2012

*Поступила в редакцию
в сентябре 2012 г.*

Ссылка для цитирования:

Душко О. В. Метод математической обработки микроструктуры поверхностей трущихся тел // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2012. Вып. 2 (22).