

УДК 531.7

В. В. Тарасов, доктор технических наук, профессор;
С. Ю. Лоханина, аспирант;
А. В. Чуркин, младший научный сотрудник
Институт прикладной механики УрО РАН, Ижевск;
Ю. В. Пузанов, кандидат технических наук, доцент
Ижевский государственный технический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПОВТОРЯЕМОСТИ МЕТОДИК ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛОВ НА ИЗНОС

Определены характеристики повторяемости методик проведения испытаний материалов на износ в условиях трения о закрепленные абразивные частицы по изменению линейных размеров и потере массы в процессе изнашивания. Установлено, что показатель повторяемости методики проведения испытаний по изменению линейных размеров I_h в диапазоне 250...450 мкм/м составляет 28 %, а методики по потере массы для величин I_G в диапазоне 5,0...15,0 мг/м – 9 %.

Известен ряд способов оценки износа материалов. В частности, большое распространение получил способ, предложенный М. М. Хрущовым [1], который основан на испытании материалов на износ в условиях абразивного изнашивания при трении о закрепленные абразивные частицы. Автор указывает на несомненное преимущество этого способа, заключающееся в возможности точного фиксирования пути трения и возможности установления влияния на величину износа испытуемого материала таких параметров, как скорость и соотношение твердостей материала и абразива [1].

Из всех предлагаемых методов оценки относительной износостойкости материалов только один лег в основу методики ГОСТ 17367–71 [2], допущенной к применению на территории РФ в установленном порядке. ГОСТ 17367–71 предусматривает возможность оценки износа материалов в условиях абразивного изнашивания как по изменению массовых, так и по изменению линейных размеров.

Однако ни ГОСТ 17367–71, ни какой-либо другой метод испытаний не имеет полного метрологического обеспечения, которое необходимо для соблюдения требований к разработке методик проведения испытаний, их аттестации, стандартизации и метрологическому надзору за ними.

Следует отметить, что некоторые методы [1; 2] прописывают проведение испытаний не менее двух раз, т. е. предусматривают проведение испытаний в условиях повторяемости с использованием шкурки из одного рулона в течение короткого промежутка времени и устанавливают, что за результат испытания принимают среднее арифметическое результатов, полученных в условиях повторяемости. Однако необходимым основанием для приравнивания результата к среднему арифметическому результатов параллельных определений является то, что расхождение между ними не должно превышать значения показателя повторяемости, величина которого не указана в предлагаемых методах.

В работе [3] предложен метод оценки относительной износостойкости материалов, обеспечивающий хорошую повторяемость результатов, и указан коэффициент вариации, равный 2...3 %.

Целью работы явилось установление показателя повторяемости методики оценки износа материалов в условиях абразивного изнашивания по изменению линейных размеров и потерь массы образцов после испытаний и сравнение показателя повторяемости в зависимости от измеряемой величины.

Оборудование и материалы

Для проведения испытаний на абразивное изнашивание использовалась машина трения SRV-III (производитель Германия), имеющая широкие возможности при испытаниях на износ материалов. При этом испытания могут проводиться на образцах, движущихся по круговой или линейной траектории.

ГОСТ 17367–71 регламентирует траекторию движения образца по спирали Архимеда, реализация которой на машине SRV-III программно не предусмотрена. Это ограничение потребовало разработки специального пакета управляющих программ.

В качестве материала для оценки показателя повторяемости по модельным соображениям выбрана медь техническая. Испытуемые образцы изготавливались длиной 20...30 мм, диаметром 2,65 мм.

В ходе проведения испытаний линейные размеры фиксировались с помощью оптического микроскопа, а массы образцов – путем взвешивания на весах ВЛТР-200 2-го класса точности.

Испытания проводились по программе, согласно которой сочетание скорости вращения абразивного диска (около 40 мин⁻¹) и радиальной подачи образца обеспечивает оптимальное использование абразивного материала с учетом трения по свежему следу.

В условиях повторяемости получено по 8 результатов оценки интенсивности износа меди по изменению линейных размеров и массовых потерь для трех шкурков различной зернистости, представленных в таблице.

Величину интенсивности линейного износа рассчитывали по формуле

$$I_h = \frac{l_{\text{нач}} - l_{\text{кон}}}{L},$$

где $l_{\text{нач}}$ – начальный линейный размер образца, мкм; $l_{\text{кон}}$ – конечный линейный размер образца, мкм; L – путь трения, м.

Для определения величины интенсивности весового износа разность начального и конечного линейных размеров в расчетной формуле необходимо заменить разностью первоначальной и конечной массы испытуемого образца:

$$I_G = \frac{m_{\text{нач}} - m_{\text{кон}}}{L},$$

где $m_{\text{нач}}$ – начальная масса испытуемого образца, г; $m_{\text{кон}}$ – конечная масса испытуемого образца, г; L – путь трения, м.

Интенсивность износа по изменению массы испытуемого образца I_G определялась в г/м, по изменению линейных размеров I_h – в мкм/м. Из совокупности результатов исключены промахи по критерию Романовского [4]. В таблице результаты, подтвердившие свой сомнительный характер, обозначены как выбросы, а результаты, не подтвердившие свой сомнительный характер, отмечены знаком «+».

По экспериментальным данным (за исключением промахов) рассчитывали:

$$\bar{X}_m = \frac{\sum_{i=1}^{N_m} X_{i,m}}{N_m}; \quad S_r = \sqrt{\frac{\sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^{N_m} (X_{i,m} - \bar{X}_m)^2}{\sum_{m=1}^M (N_m - 1) M}}$$

где $m = \overline{1, M}$ – число испытываемых материалов, в нашем случае $M = 3$, т. к. исследовались 3 различные пары материалов «индентор–плоскость»; $i = \overline{1, N_m}$ – число параллельных определений, различное для каждой из испытываемых пар материалов; N_m – число результатов параллельных определений, за исключением промахов; $f = \sum_{m=1}^M (N_m - 1)$ – число степеней свободы при оценивании показателя повторяемости.

По данным таблицы расчетные значения S_r составили:

- 40 мкм/м – в случае оценки интенсивности износа по изменению линейных размеров, фиксируемых с помощью оптического микроскопа;
- 0,00038 г/м – по потере массы, определяемой с помощью весов 2-го класса точности.

За среднееквадратическое отклонение (СКО) повторяемости σ_r принимаем S_r .

Результаты экспериментального определения интенсивности износа меди по потере массы и изменению линейных размеров

| Тип абразивной шкурки | I_G , г/м | Характер результата | I_h , мкм/м | Характер результата |
|-----------------------|-------------|---------------------|---------------|---------------------|
| К80 | 0,01206 | + | 419 | + |
| | 0,01159 | + | 432 | + |
| | 0,01362 | выброс | 451 | + |
| | 0,01135 | + | 395 | + |
| | 0,01253 | выброс | 448 | + |
| | 0,01199 | + | 526 | выброс |
| | 0,01142 | + | 318 | + |
| К120 | 0,01152 | + | 312 | + |
| | 0,01328 | выброс | 451 | + |
| | 0,01216 | + | 478 | + |
| | 0,01125 | + | 395 | + |
| | 0,01162 | + | 441 | + |
| | 0,01159 | + | 464 | + |
| | 0,01016 | выброс | 386 | + |
| К180 | 0,01145 | + | 367 | + |
| | 0,01165 | + | 333 | выброс |
| | 0,00952 | + | 369 | + |
| | 0,00864 | выброс | 423 | выброс |
| | 0,00996 | + | 325 | + |
| | 0,01074 | + | 312 | + |
| | 0,01067 | + | 377 | + |
| К180 | 0,01172 | выброс | 332 | + |
| | 0,01006 | + | 294 | + |
| | 0,00976 | + | 262 | выброс |
| | | | | |

Таким образом, на основании того, что методикой проведения испытаний на интенсивность износа предусмотрено проведение двух параллельных определений, показатель повторяемости методики проведения испытаний материалов на износ по изменению линейных размеров составляет 28 %, по потере массы – 9 %.

Вывод

В случае применения оптического микроскопа для оценки линейных размеров испытуемых на интенсивность износа образцов методика характеризуется показателем повторяемости, равным 28 % при оценке величин 250...450 мкм/м.

Если для фиксирования потери массы при испытаниях на абразивное изнашивание применяются веса 2-го класса точности, то показатель повторяемости составляет 9 % для величин I_G в интервале 5,0...15,0 мг/м.

Показатель повторяемости методики проведения испытаний материалов на износ по изменению линейных размеров, фиксируемых с помощью оптического микроскопа, больше, чем соответствующий показатель при испытаниях на износ по потере массы (весы 2-го класса точности). Выявленное различие в значениях показателей повторяемости методик обусловлено, по-видимому, образованием пластической волны металла на образце в процессе истирания и, как следствие, влияния субъективного фактора на оценку линейного размера испытуемого образца с помощью оптического микроскопа.

Список литературы

1. Хрущов, М. М. Абразивное изнашивание / М. М. Хрущов, М. А. Бабичев. – М. : Наука, 1970. – 251 с.
2. ГОСТ 17367–71. Металлы. Метод испытания на абразивное изнашивание при трении о закрепленные абразивные частицы.
3. Хрущов, М. М. Закономерности абразивного изнашивания // Износостойкость. – М. : Наука, 1975. – С. 5–28.
4. Сергеев, А. Г. Метрология : учебник. – М. : Логос, 2004. – 288 с.

УДК 621.81

А. Б. Турыгин, кандидат технических наук, доцент
Ижевский государственный технический университет

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПРЕССОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Рассматриваются вопросы расчета напряженно-деформированного состояния и экспериментального исследования усталостной прочности многослойных прессовых соединений.

Надежность является важнейшим показателем качества продукции. Одной из составляющих данного комплексного показателя является долговечность. Поэтому вопросы, связанные с повышением долговечности деталей машин, в частности соединений с натягом, являются актуальными. Долговечность прессовых соединений в условиях переменных нагрузок определяется усталостной прочностью охватываемых деталей.

Одним из эффективных путей повышения усталостной прочности валов является введение в зону контакта тонкой металлической прослойки. Особенностью