

УДК 620.178.162.4

УСКОРЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА ИЗНАШИВАНИЕ

© Е. Н. Асеева, В. П. Багмутов, С. Н. Паршев, С. Д. Асеева¹*Статья поступила 9 июня 2015 г.*

Рассмотрена методика ускоренных испытаний материалов на изнашивание в паре диск — плоскость и диск — диск. Отличительной особенностью предложенной методики является постоянство площади контакта элементов в зоне трения. Описана конструкция портативной установки, разработанной для реализации данной методики испытаний. Приведены результаты сравнительных испытаний на изнашивание стальных образцов с различным содержанием углерода, упрочненных электрохимической обработкой. Показано, что результаты испытаний на износостойкость по предложенной методике сопоставимы с данными, полученными по стандартной методике; расхождение составляет не более 9 %. При этом длительность испытаний каждого образца уменьшена в десять раз.

Ключевые слова: изнашивание; износ; интенсивность износа; коэффициент трения; поверхностный слой; поверхностное упрочнение; микротвердость.

Определение триботехнических свойств материалов в лабораторных условиях — один из важнейших этапов оценки их пригодности для работы в узлах трения машин. Испытания на изнашивание — сложный, трудоемкий и длительный вид исследования триботехнических свойств материалов. Известные методики экспериментального определения триботехнических характеристик материалов [1, 2], основанные на измерении весового или размерного износа испытуемого образца, требуют применения высокоточного измерительного оборудования, а также квалифицированной работы операторов. Для получения одной точки на графике износа необходимо проведение длительных (от трех до десяти и более часов) непрерывных испытаний.

Достаточно успешно зарекомендовала себя методика сравнительной оценки триботехнических свойств материалов по их сопротивлению истиранию. Наиболее распространенным способом таких испытаний является создание вращающимся диском лунок на плоской или цилиндрической поверхности испытуемых образцов с последующим определением их глубины [3]. Исследования показали [4], что методика позволяет получить достаточно точную сравнительную оценку износостойкости материалов, работающих при граничном трении, когда износ носит преимущественно адгезионный и диффузионный характер. При этом время, затрачиваемое на испытания, сокращается более чем на порядок по сравнению со стандартными методиками.

Однако, обладая большой производительностью, такой способ испытаний имеет и существенные недостатки. В процессе испытаний по мере углубления диска в исследуемый материал изменяется площадь

контакта; износостойкость материала определяется на ограниченном участке, что затрудняет выявление противозносных свойств поверхностей, модифицированных поверхностным упрочнением, так как при таких видах обработки распределение твердости и других свойств поверхностных слоев весьма неравномерно. Кроме того, указанные способы испытаний не позволяют определять антифрикционные свойства отдельных структурно-неоднородных участков исследуемого поверхностного слоя.

В данной работе рассмотрена методика сравнительной оценки триботехнических характеристик структурно-неоднородных материалов, свободная от этих недостатков [5]. В ее основу положены известные схемы испытаний: диск — плоскость, диск — диск. Сущность предлагаемой методики испытаний заключается в следующем. Предварительно на испытуемых образцах (плоских или в виде диска) образуют лунки износа заданной глубины. Затем на фиксированной глубине исследуемого слоя проводят испытания плоского (рис. 1) или цилиндрического (рис. 2) образцов путем создания их поступательного или вращательного движения. Таким образом, при испытании соблюдается условие постоянства площади контакта элементов в зоне трения.

Для реализации предложенной методики разработана компактная лабораторная установка с возможностью проведения испытаний в различных смазочных средах.

Установка (рис. 3) состоит из диска 1 толщиной 1 мм (изготовлен из стали P18, закаленной на твердость 60HRC³), закрепленного на валу электродвигателя постоянного тока 2. К диску с помощью рычажной системы, состоящей из рычага 8 и груза 11, прижимается исследуемый образец 3, фиксированный на каретке 4, имеющей возможность перемещаться по

¹ Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия; e-mail: sparshev@mail.ru

Рис. 1. Схема испытаний плоского образца: 1 — истирающий диск; 2 — плоский образец

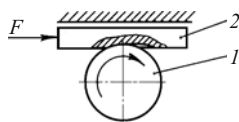
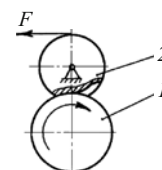


Рис. 2. Схема испытаний цилиндрического образца: 1 — истирающий диск; 2 — цилиндрический образец



рычагу 8 с помощью пружины 9, усилия которой регулируются гайкой 10. Рычаг можно строго устанавливать в определенном положении с помощью стопора 6. Начальное заглубление диска замеряется индикатором 7, а перемещение каретки с испытуемым образцом — индикатором 5. Набор грузов 11 обеспечивает усилие внедрения образца на заданную глубину. Устройство смонтировано на корпусе 12, который одновременно служит ванной для заливки смазочных жидкостей. Технические характеристики установки приведены ниже.

Диаметр истирающего диска, мм	40
Толщина истирающего диска, мм	1
Частота вращения, c^{-1}	0,17 – 133
Вертикальная нагрузка, Н	≤ 100
Горизонтальная нагрузка, Н	≤ 150
Мощность двигателя, Вт	250
Масса установки, кг	2,5

Электрическая схема установки предусматривает плавное регулирование оборотов электродвигателя. На установке установлены счетчик оборотов истирающего диска, а также амперметр и вольтметр, что позволяет в процессе испытаний определять как износостойкость, так и коэффициенты трения исследуемых участков поверхностного слоя.

Испытания проводят в два этапа. Вначале на исследуемой поверхности образца с помощью рычажной системы изготавливают лунку износа заранее заданной глубины. Затем рычаг строго фиксируют, с помощью пружины создают усилие на каретку и испытания проводят вдоль образующей образца. Определяя линейный износ образца h и показания счетчика суммарных оборотов истирающего диска, а следовательно, зная путь трения L , можно вычислить интенсивность изнашивания J_h каждого участка структурно-неоднородной поверхности образца: $J_h = h/L$.

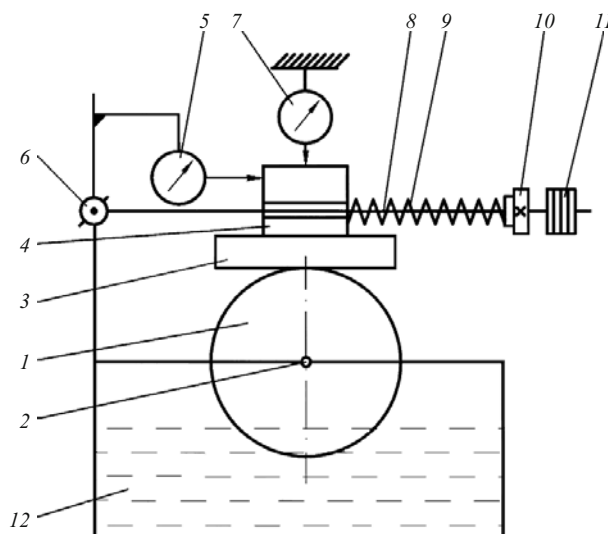


Рис. 3. Схема установки для испытаний на изнашивание

Коэффициент трения рассчитывали по методике, изложенной в работе [6]. Расход энергии принимали равным работе трения: $JUt = F_f L$, где J — разность между током нагрузки и током холостого хода электродвигателя, А; U — напряжение, В; t — время опыта, с; F_f — сила трения, Н; $L = \pi D N$ — путь трения, м (D — диаметр истирающего диска, м; $N = nt$ — суммарное число оборотов истирающего диска за время опыта, n — частота вращения истирающего диска, c^{-1}).

С учетом вышеизложенного коэффициент трения определяли по формуле $f = JU/F_n \pi D N$, где F_n — усилие пружины, действующее на каретку, Н. Результаты определения коэффициента трения приведены в таблице.

Относительная износостойкость сталей с различным содержанием углерода, упрочненных ЭМО

Материал образцов	Содержание углерода, %	Микротвердость поверхности после ЭМО, МПа	Относительная износостойкость		Расхождение, %	Коэффициент трения f
			По предложенной методике	Испытания на машине СМЦ-2		
Армко-железо	0,02 – 0,03	2500	1	1		0,12 – 0,14
Сталь 10	0,08 – 0,12	2900	1,65	1,80	9,1	0,11 – 0,13
Сталь 20	0,20 – 0,22	3800	2,85	3,10	8,7	0,11 – 0,12
Сталь 30	0,28 – 0,34	4600	3,55	3,85	8,5	0,10 – 0,12
Сталь 40	0,38 – 0,42	6000	4,35	4,60	5,8	0,09 – 0,11
Сталь 45	0,43 – 0,46	8100	6,25	6,60	5,6	0,09 – 0,10
Сталь 50	0,47 – 0,53	9800	7,65	7,95	3,9	0,09 – 0,10
Сталь У7	0,70 – 0,73	11 900	10,00	10,3	3,0	0,07 – 0,09
Сталь У8	0,80 – 0,83	12 900	12,5	11,90	4,8	0,07 – 0,08

По данной методике испытывали на изнашивание образцы из сталей с различным содержанием углерода в сплаве, упрочненные электромеханической обработкой (ЭМО) [7]. Для сравнения были проведены испытания по стандартной схеме кольцо — вкладыш на машине СМЦ-2. Оценивали относительную износостойкость материала (за единицу принята износостойкость армко-железа)

$$\varepsilon = h/h_{\text{аж}},$$

где h и $h_{\text{аж}}$ — линейный износ исследуемого образца и образца из армко-железа. Испытывали по пять образцов из каждого материала и за величину относительной износостойкости принимали среднее арифметическое значение (см. таблицу).

Из таблицы следует, что результаты испытаний на износостойкость по предложенной методике сопоставимы с данными, полученными по стандартной методике; расхождение составляет не более 9 %. При этом длительность испытаний каждого образца сокращена на порядок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Браун Э. Д., Евдокимов Ю. А., Чичинадзе А. В. Моделирование трения и изнашивания в машинах. — М.: Машиностроение, 1982. — 189 с.
2. Паршев С. Н., Полозенко Н. Ю., Асеева Е. Н. Методика испытаний материалов на абразивное изнашивание / Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2005. Т. 71. № 7. С. 50 – 52.
3. Хрушев М. М. Исследование приработки подшипниковых сплавов и цапф. — М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1946. — 146 с.
4. Баландин В. М., Гурьев А. В., Маловечко Г. В. и др. Влияние поверхностного пластического деформирования на износостойкость нормализованной стали / В сб.: Металловедение и прочность материалов. — Волгоград: ВПИ, 1975. Вып. 7. С. 9 – 17.
5. Асеев Н. В., Асеева Е. Н., Сахно А. М. Экспрессная оценка износостойкости / Физ.-мех. свойства материалов и их экспрессная оценка неразрушающими методами и портативными техническими средствами: Тез. докл. Всерос. науч.-техн. конф. — Волгоград, 1995. С. 62 – 63.
6. Кашеев В. Н. Процессы в зоне фрикционного контакта металлов. — М.: Машиностроение, 1978. — 213 с.
7. Багмутов В. П., Паршев С. Н., Дудкина Н. Г. и др. Электромеханическая обработка: технологические и физические основы, свойства, реализация. — Новосибирск: Наука, 2003. — 318 с.

REFERENCES

1. Braun É. D., Evdokimov Yu. A., Chichinadze A. V. Modelirovanie treniya i iznashivaniya v mashinakh [Modeling of friction and wear in machines]. — Moscow: Mashinostroyeniye, 1982. — 189 p. [in Russian].
2. Parshev S. N., Polozenko N. Yu., Aseeva E. N. Metodika ispytaniy materialov na abrazivnoye iznashivaniye [The method of testing of materials for abrasive wear] / Zavod. Lab. Diagn. Mater. 2005. Vol. 71. N 7. P. 50 – 52 [in Russian].
3. Khrushchev M. M. Issledovanie prirabotki podshipnikovyykh splavov i tsapf [Study break-in bearing alloys and zapf]. — Moscow – Leningrad: Izd. AN SSSR, 1946. — 146 p. [in Russian].
4. Balandin V. M., Gur'ev A. V., Malovechko G. V. i dr. Vliyaniye poverkhnostnogo plasticheskogo deformirovaniya na iznosostoikost' normalizovannoi stali [Influence of surface plastic deformation on the wear resistance normalized steel] / In coll.: Metallovedeniye i prochnost' materialov [Metallurgy and strength of materials]. — Volgograd: VPI, 1975. Issue 7. P. 9 – 17 [in Russian].
5. Aseev N. V., Aseeva E. N., Sakhno A. M. Ékspressnaya otsenka iznosostoikosti [Rapid evaluation of wear resistance] / Fiz.-mekh. svoystva materialov i ikh ékspressnaya otsenka nerazrushayushchimi metodami i portativnymi tekhnicheskimi sredstvami [Physical and Mechanical Properties of materials and their express evaluation of non-destructive methods and portable technical devices]: Abstrs. of the All-Russia Sci.-Tech. Conf. — Volgograd, 1995. P. 62 – 63 [in Russian].
6. Kashcheev V. N. Protsessy v zone friktsionnogo kontakta metallov [Processes in the area of frictional contact of metals]. — Moscow: Mashinostroyeniye, 1978. — 213 p. [in Russian].
7. Bagmutov V. P., Parshev S. N., Dudkina N. G. i dr. Élektromekhanicheskaya obrabotka: tekhnologicheskkiye i fizicheskkiye osnovy, svoystva, realizatsiya [Electromechanical processing: technological and physical principles, properties, implementation] — Novosibirsk: Nauka, 2003. — 318 p. [in Russian].