

Конструкция, принцип работы установки и методика испытаний на абразивную износостойкость

Сарафанов А.Е., Ердаков И.Н., Жлудов М.А.

Южно-Уральский государственный университет
г. Челябинск, Российская Федерация

sarafanovae@susu.ru, erdakovin@susu.ru, 1337hiddzy@gmail.com

Аннотация. При исследовании новых сплавов, совершенствовании режимов термической и химико-термической обработки, создании функциональных покрытий деталей, работающих в сложных условиях необходимо оценивать эксплуатационные свойства полученного материала. Одним из основных показателей эксплуатационных свойств является абразивная износостойкость. Для оценки абразивной износостойкости при трении о закрепленные абразивные частицы разработана конструкция и описан принцип работы установки, являющейся насадкой на токарный станок. Опытные испытания установки показали ее работоспособность, а полученные результаты показали высокую повторяемость и точность измерений абразивной износостойкости согласно ГОСТ 17367-71. Разработанная установка активно используется при проведении исследований связанных с получением функциональных износостойких покрытий аддитивными технологиями, такими как детонационное напыление, лазерная наплавка, лазерная поверхностная термическая обработка.

Ключевые слова: абразивная износостойкость, твердость, установка, относительная износостойкость, методика испытаний.

ВВЕДЕНИЕ

Износостойкость – это свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в определённых условиях трения, оцениваемое величиной, обратной скорости изнашивания или интенсивности изнашивания [1]. Износостойкость зависит от состава и структуры обрабатываемого материала, исходной твёрдости, шероховатости и технологии обработки детали, состояния ответной детали. Износостойкость сопоставляют с исходными механическими характеристиками, которые определяют поведение материалов в процессе изнашивания, например, на практике часто износостойкость оценивают через твердость металлов и сплавов. Однако, известно, что линейная связь между твердостью (HV) и относительной износостойкостью (ϵ) в определенный момент нарушается (рис. 1) [2].

Все существующие методы испытаний материалов на изнашивание в зависимости от степени фиксации абразивных частиц можно подразделить на три вида: закрепленным, полужакопленными и свободным абразивом [2, 3]. При каждом методе испытаний схема взаимодействия материала и абразива определяется характером прилагаемой нагрузки: трение, удар и трение с ударом, которая является промежуточной, характеризующей разрушение изнашиваемой поверхности абразивными частицами за

счет скольжения и удара одновременно. Наибольшее распространение получил метод испытаний на изнашивание о закрепленный абразив [4,5], особенно применительно к деталям, работающим в абразивной среде при низких температурах [6-8].

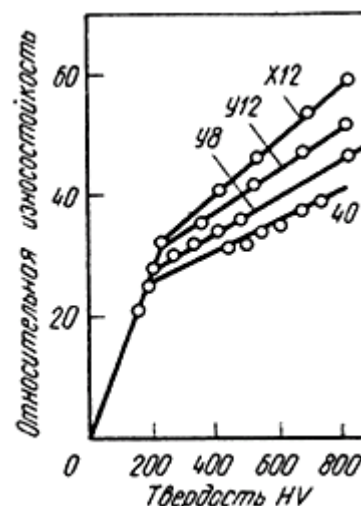


Рис. 1. Зависимость относительной износостойкости поверхности при абразивном изнашивании от твердости материалов

Целью работы является разработка конструкции, описание принципа работы установки и методики проведения испытаний на абразивную износостойкость по ГОСТ 17367-71.

КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП РАБОТЫ УСТАНОВКИ

Работа проводилась в Южно-Уральском государственном университете на кафедре “Процессы и машины обработки металлов давлением” в условиях ее лабораторий и имеющейся материально-технической базы. В основу конструирования установки были заложены следующие принципы: минимальная стоимость, использование имеющегося в наличии оборудования, повторяемость и точность получаемых результатов.

В качестве абразивного материала были использованы абразивные камни (ГОСТ Р 52781-2007) диаметром 100 мм, высотой 50 мм. Размер абразива 16 мкм, зерно керамическое. Для обеспечения большого пути образца использовалось два камня.

Абразивный камень 3 через промежуточные шайбы 5 устанавливается на ось 2 и фиксируется гайкой 5. Промежуточные шайбы необходимы для предотвращения растрескивания абразивного камня. Затем ось 2, с закрепленными абразивными камнями, устанавливалась на токарный станок, одним концом зажималась в трехкулачковый патрон 1, а вторым фиксировалась задней бабкой с центром 6. Далее в корпус 10 помещался шток 9. Шток и отверстие в корпусе выполнены по посадке с зазором, что обеспечивает беспрепятственное перемещение штока внутри корпуса. На шток действует пружина 11, обеспечивающая прижим образца к абразивному кругу. Регулировку усилия пружины осуществляем болтом 12, в котором сделано сквозное отверстие. В отверстие вставлена микрометрическая головка 13, зафиксированная винтом 17.

Усилие пружины выбиралось исходя из ГОСТ 17367-71 "Метод испытания на абразивное изнашивание при трении о закрепленные абразивные частицы".

По ГОСТ 17367-71:

- износ испытуемого и эталонного образцов должен быть получен при одинаковых условиях: образцы должны

пройти один и тот же путь трения в пределах всей серии испытаний.

- скорость трения образцов на абразиве должна быть такой чтобы, нагрев материала в процессе испытаний не влиял на его свойства.

- испытания проводят под действием статической нагрузки 9,55 кгс/см² (из расчета 0,3 кгс на образец диаметром 2,0 мм).

Тарировка усилия пружины проводилась с помощью мерных весов. Установка фиксировалась в вертикальном положении, на шток устанавливались мерные веса массой 9 кг. Далее вращением болта 12 добивались показания микрометрической головки 2мм.

Затем приспособление закреплялось в резцедержателе 14 токарного станка, в отверстие штока устанавливался испытываемый образец 8. Винтом поперечной подачи токарного станка приспособление подавалось в сторону абразивного камня до его соприкосновения с образцом. Далее, по индикаторной головке, вращением штурвала 15 добивались необходимого натяга 2 мм, что соответствует требуемому усилию прижима образца к абразивному кругу.

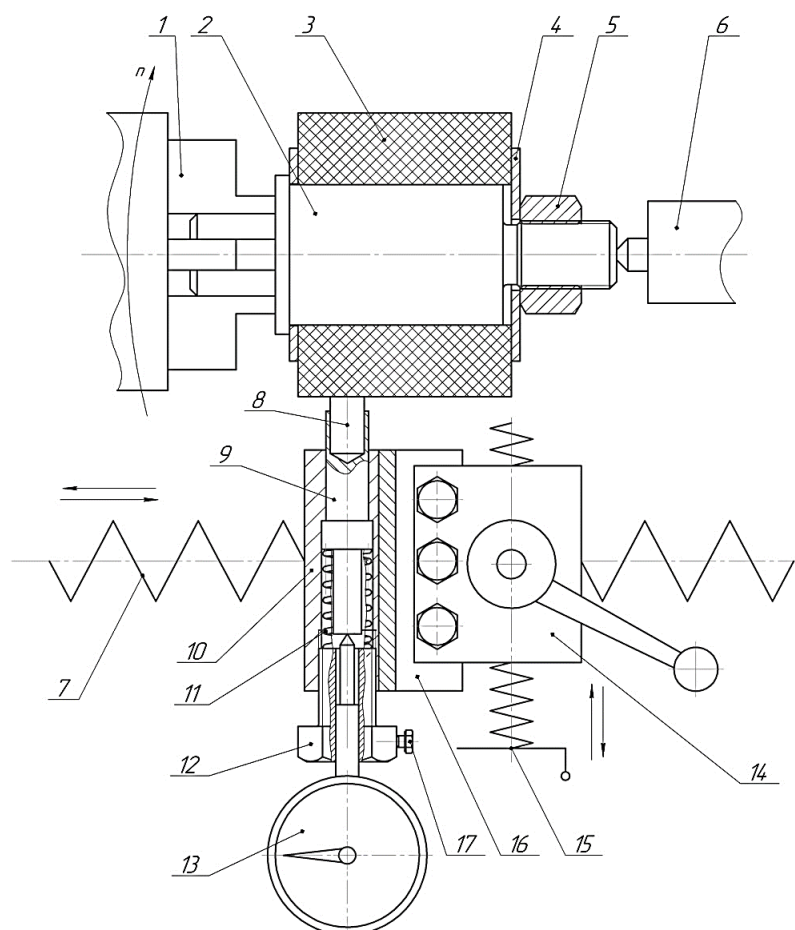


Рис.2. Установка для испытания на абразивную износостойкость

1 – трехкулачковый патрон токарного станка; 2 – ось; 3 – абразивный круг; 4 – промежуточная шайба; 5 – фиксирующая гайка; 6 – задняя бабка с центром токарного станка; 7 – винт продольной подачи; 8 – испытываемый образец; 9 – шток; 10 – корпус; 11 – пружина; 12 – регулировочный болт; 13 – микрометрическая головка; 14 – резцедержатель токарного станка; 15 – винт со штурвалом поперечной подачи; 16 – основание; 17 – фиксирующий винт

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ НА АБРАЗИВНУЮ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ

Образец устанавливался на край абразивного круга, включалась продольная подача и после этого включался двигатель станка. Т.е. начало вращения совпадало с началом перемещения образца по абразивному кругу. Обороты шпинделя при этом были равны 400 об/мин. При этом продольный путь образца составлял 4 длины абразивного камня, т.е. когда образец доходил до конца камня, включался реверс продольной подачи. Максимальный нагрев образца составил 740 °С.

Износостойкость поверхности определяли следующим образом: все испытуемые образцы взвешивались на лабораторных весах ВК-1500 с точностью до 0,01 г. Далее образец закреплялся в державке устройства и поперечной подачей подавался к абразивному кругу. Момент касания фиксировали изменением стрелки индикатора. Дальнейшей поперечной подачей создавалось усилие прижима образца, контроль усилия велся по индикатору. Затем включался привод

вращения абразивного круга и продольная подача образца. После того как образец пройдет путь от одного торца абразивного камня до другого торца четыре раза, установка выключалась, образец извлекался и взвешивался. По изменению массы образца можно судить о его износостойкости.

В качестве примера в таблице приведены результаты испытаний образцов на абразивную износостойкость. В проводимой работе оценивалось влияние функционального покрытия, выполненного путем детонационного напыления порошкового сплава WC-10Co-4Cr с последующим проплавлением лазером (режим № 3 и 4) на термически обработанную подложку из стали марки Х12МФ (режим № 1 и 2). Из результатов, приведенных в таблице следует, что относительная износостойкость образцов после нанесения на их поверхность функционального покрытия из сплава на основе карбида вольфрама возросла более чем в 2 раза, что вполне согласуется с теоретическими предпосылками и аналогичными результатами, полученными в других работах [9-15].

Таблица

Результаты испытаний образцов на абразивную износостойкость

Режим	№ образца	Масса образца до испытания M _{исх} , Г	Масса образца после испытания M _{конеч} , Г	Изменение массы образца ΔM=M _{исх} -M _{конеч} , Г	Среднее значение ΔM _{ср} , Г	Относительная износостойкость*
1	1	-	-		0,105	1
	2	15,48	15,37	0,11		
	3	16,28	16,18	0,1		
2	1	17,66	17,6	0,06	0,1	1,05
	3	18,56	18,46	0,1		
	4	18,98	18,82	0,16		
	5	17,46	17,38	0,08		
3	1	16,96	16,92	0,04	0,04	2,63
	2	16,86	16,82	0,04		
4	1	17,68	17,64	0,04	0,05	2,1
	2	16,6	16,54	0,06		
	3	18,48	18,46	0,02		
	6	16,84	16,76	0,08		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана конструкция и описан принцип работы установки для испытания на абразивную износостойкость по ГОСТ 17367-71 "Металлы. Метод испытания на абразивное изнашивание при трении о закрепленные абразивные частицы". Экспериментальные испытания установки показали ее работоспособность, а полученные результаты показали высокую повторяемость и точность измерений. Разработанная установка полностью удовлетворяет требованиям ГОСТ 17367-71 и может использоваться для оценки износостойкости как самих металлических материалов, так и металлов, и сплавов после нанесения на их рабочую поверхность функциональных покрытий различными методами, в том числе и аддитивными технологиями.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 27674-88. Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1992, – 22 с.
- Виноградов В.Н. Износостойкость сталей и сплавов: учеб. пособие. / В.Н. Виноградов, Г.М. Сорокин. – М.: Нефть и газ, 1994. – 415 с.
- Чулкин С.Г. Анализ современных представлений и подходов при оценке износостойкости и долговечности материалов в различных условиях внешнего трения // Трение, износ, смазка. – 1999. – Т.1, № 2. – С. 47-51.

- ГОСТ 17367-71 Металлы. Метод испытания на абразивное изнашивание при трении о закрепленные абразивные частицы. – М.: Издательство стандартов, 1972. – 5 с.

- Радионова Л.В. Разработка технологии производства высокопрочной проволоки с повышенными пластическими свойствами из углеродистых сталей: дис. ... канд. техн. наук. – Магнитогорск, 2001. – 137 с.

- Радионова Л.В. Преимущества и недостатки способа горячего оцинкования стальной полосы. Проблемы цинкования / Л.В. Радионова, Ю.М. Субботина // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. – 2013. – № 2. – С. 3-9.

- Parameter optimization for selective laser melting of TiAl6V4 alloy by CO₂ laser / R.M. Baitimerov, P.A. Lykov, L.V. Radionova, E.V. Safonov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. "2017 International Conference on Structural, Mechanical and Materials Engineering, ICSSMME 2017". – 2017. – P. 012012. DOI: 10.1088/1757-899x/248/1/012012

- Карабарин Д.А. Методика испытания сталей на абразивную износостойкость / Д.А. Карабарин, Г.Ф. Тарасов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф. творческой молодежи. – Красноярск, 2012. – С. 20-22.

9. Быков В.А. Восстановление плунжерной пары путем детонационного напыления функционального покрытия / В.А. Быков, Л.В. Радионова, М.Н. Самодурова // Материалы VI Международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов: сборник докладов. – 2020. – С. 200-203.

10. Быков В.А. Восстановление изношенной поверхности шеек прокатных валков методом прямого лазерного сплавления / В.А. Быков, Л.В. Радионова, М.Н. Самодурова // 2019 Материалы IV международной молодежной научно-практической конференции. – 2019. – С. 120-122.

11. Плесовских А.Ю. Импортзамещающая технология изготовления деталей нефтегазодобывающей отрасли с нанесением износостойких покрытий на основе вольфрама / А.Ю. Плесовских, С.Е. Крылова, С.П. Оплеснин // Вестник современных технологий. – 2019. – № 2 (14). – С. 9-14.

12. Байтимеров Р.М. Влияние параметров селективно-го лазерного сплавления на пористость образцов из сплава TiAl6V4 / Р.М. Байтимеров, Л.В. Радионова, Е.В. Сафонов // Машиностроение: сетевой электронный научный жур-

нал. – 2017. – Т.5, №4. – С. 41-45. DOI: 10.24892/RIJIE/20170405

13. Повышение эксплуатационных свойств поверхности штока гидроцилиндра аддитивными технологиями / Л.В. Радионова, М.Н. Самодурова, В.А. Быков и др. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2020. – Т. 18. № 3. – С. 34-41.

14. Радионова Л.В. Исследование процесса старения холоднокатаного и горячеоцинкованного проката из высокопрочных автомобильных марок стали для холодного деформирования / Л.В. Радионова, Ю.М. Субботина, Р.А. Лисовский // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. – 2016. – Т.4, №1. – С. 27-35.

15. Дубровин В.К., Кулаков Б.А., Карпинский А.В. и др. Смесь наливная самотвердеющая для изготовления форм и стержней при производстве отливок по выплавляемым моделям // Патент России № 2252103. 2005.

DOI: 10.24892/RIJIE/20200205

Design, Operating Principle of the Unit and Method for Abrasive Wear Resistance Test

Sarafanov A.E., Erdakov I.N., Zhudov M.A.

South Ural State University (national research university)

Chelyabinsk, Russian Federation

sarafanovae@susu.ru, erdakovin@susu.ru, 1337hiddzy@gmail.com

Abstract. It is necessary to evaluate the operational properties of the obtained material in the study of new alloys, improvement of the thermal and chemical-thermal treatment modes, functional coatings creation of parts operating in difficult conditions. One of the main indicators of performance properties is abrasive wear resistance. The unit design and the operating principle is described for assessing the abrasive wear resistance when rubbing against the fixed abrasive particles. This design is an attachment to a lathe. Experimental tests of the unit showed its efficiency, and the obtained results showed high repeatability and accuracy of abrasive wear resistance measurements according to All-Union State Standard 17367-71. The developed unit is actively used in research related to the production of functional wear-resistant coatings by additive technologies, such as detonation spraying, laser cladding, laser surface thermal treatment.

Keywords: abrasive wear resistance, hardness, unit, relative wear resistance, testing technique.

REFERENCES

1. GOST 27674-88. *Trenie, iznashivanie i smazka. Terminy i opredeleniya* [Friction, wear and lubrication. Terms and definitions], Moscow, Publishing house of standards, 1992, 22 p. (in Russ.)

2. Vinogradov V.N., Sorokin G.M. *Iznosostoykost' staley i splavov: ucheb. posobie*. [Wear Resistance of Steels and Alloys: Teaching Medium.], Moscow, Oil and Gas, 1994, 415 p. (in Russ.)

3. Chulkin S.G. Analysis of Modern Concepts and Approaches in Assessing the Wear Resistance and Durability of Materials Under Various Conditions of External Friction [An-

aliz sovremennykh predstavleniy i podkhodov pri otsenke iznosostoykosti i dolgovechnosti materialov v razlichnykh usloviyakh vneshnego treniya], *Trenie, iznos, smazka* [Friction, Wear, Lubricants], 1999, Vol.1, no. 2, pp. 47-51. (in Russ.)

4. GOST 17367-71 *Metally. Metod ispytaniya na abraziivnoe iznashivanie pri trenii o zakreplennye abrazivnye chastitsy* [Metals. Method of abrasion test by friction against embedded abragant grain], Moscow, Publishing house of standards, 1972, 5 p. (in Russ.)

5. Radionova L.V. *Razrabotka tekhnologii proizvodstva vysokoprochnoy provoloki s povyshennymi plasticheskimi svoystvami iz uglerodistykh staley: dis. kand. tekhn. nauk* [Development of technology for the production of high-strength wire with increased plastic properties from carbon steels: Ph.D. thesis. tech. sciences], Magnitogorsk, 2001, 137 p. (in Russ.)

6. Radionova L.V., Subbotina Yu.M. Advantages and shortcomings of hot dip galvanizing steel sheet. Galvanizing problems [Preimushchestva i nedostatki sposo-ba goryachego otsinkovaniya stal'noy polosy. Problemy tsinkovaniya], *Russian Internet Journal of Industrial Engineering*, 2013, no. 2, pp. 3-9. DOI: 10.24892/rjije/20130201

7. Baitimerov R.M., Lykov P.A., Radionova L.V., Safonov E.V. Parameter optimization for selective laser melting of TiAl6V4 alloy by CO₂ laser, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. "2017 International Conference on Structural, Mechanical and Materials Engineering, ICSMME 2017"*. – 2017. – P. 012012. DOI: 10.1088/1757-899x/248/1/012012

8. Karabarin D.A., Tarasov G.F. Methods of testing steels for abrasive wear resistance [Metodika ispytaniya staley na abrazivnyuyu iznosostoykost'], *Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavтики: materialy VIII Vseros. nauch.-prakt. konf. tvorcheskoy molodezhi [Actual problems of aviation and cosmonautics: materials of the VIII All-Russian. scientific-practical conf. creative youth]*, Krasnoyarsk, 2012, pp. 20-22. (in Russ.)

9. Bykov V.A., Radionova L.V., Samodurova M.N. Restoration of a plunger pair by detonation spraying of a functional coating [Vosstanovlenie plunzhernoy pary putem detonatsionnogo napyleniya funktsional'nogo pokrytiya], *Materialy VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchennykh i studentov: sbornik dokladov [Materials of the VI International scientific-practical conference of young scientists and students: collection of reports]*, 2020, pp. 200-203. (in Russ.)

10. Bykov V.A., Radionova L.V., Samodurova M.N. Restoration of the worn-out surface of the rolling roll necks by the method of direct laser fusion [Vosstanovlenie iznoshennoy poverkhnosti sheek prokatnykh valkov metodom pryamogo lazernogo splavleniya], *2019 Materialy IV mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [2019 Materials of the IV international youth scientific and practical conference]*, 2019, pp. 120-122. (in Russ.)

11. Plesovskikh A.Yu., Krylova S.E., Oplesnin S.P. Import-substituting technology for manufacturing parts of the oil and gas industry with the application of wear-resistant coatings based on tungsten [Importozameshchayushchaya tekhnologiya izgotovleniya detaley neftegazodobyvayushchey otrasli s naneseniem iznosostoykikh pokrytiy na osnove vol'frama], *Vestnik sovremennykh tekhnologiy [Bulletin of*

modern technologies], 2019, no. 2 (14), pp. 9-14. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.08.161

12. Baitimerov R.M., Radionova L.V., Safonov E.V. Influence of selective laser melting process parameters on porosity of TiAl6V4 alloy [Vliyanie parametrov selektivnogo lazernogo splavleniya na poristost' obraztsov iz splava TiAl6V4], *Russian Internet Journal of Industrial Engineering*, 2017, vol. 5, no. 4, pp. 41-45. DOI: 10.24892 / RIJE / 20170405

13. Radionova L.V., Samodurov M.N., Bykov V.A. et al. Improving the surface performance properties of hydraulic cylinder rod by applying additive technologies [Povyshenie ekspluatatsionnykh svoystv poverkhnosti shtoka gidrotsilindra additivnymi tekhnologiyami], *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova [Bulletin of the Magnitogorsk State Technical University. G.I. Nosov]*, 2020, vol. 18, no. 3, pp. 34-41. (in Russ.)

14. Radionova L.V., Subbotina Yu.M., Lisovsky R.A. Investigation of the process of aging cold rolled and hot dip rolled products of high-strength automotive steels for cold deformation [Issledovanie protsessa stareniya kholodnokatanogo i goryacheotsinkovannogo prokata iz vysokoprochnykh avtomobil'nykh marok stali dlya kholodnogo deformirovaniya], *Russian Internet Journal of Industrial Engineering*, 2016, vol. 4, no. 1, pp. 27-35. DOI: 10.24892/rijie/20160103

15. Dubrovin V.K., Kulakov B.A., Karpinsky A.V. et al. *Smes' nalivnaya samotverdeyushchaya dlya izgotovleniya form i sterzhney pri proizvodstve otlivok po vyplavlyаемым modelyam [Self-hardening bulk mixture for the manufacture of molds and rods in the production of castings by investment models]*, Patent of Russia No. 2252103, 2005. (in Russ.)

Библиографическое описание статьи

Сарафанов А.Е. Конструкция, принцип работы установки и методика испытаний на абразивную износостойкость / А.Е. Сарафанов, И.Н. Ердakov, М.А. Жлудов // *Машиностроение: сетевой электронный научный журнал*. – 2020. – Т.8, №2. – С. 29-33. DOI: 10.24892/RIJE/20200205

Reference to article

Sarafanov A.E., Erdakov I.N., Zhudov M.A. Design, operating principle of the unit and method for abrasive wear resistance test, *Russian Internet Journal of Industrial Engineering*, 2020, vol.8, no.2, pp. 29-33. DOI: 10.24892/RIJE/20200205