

УДК 621.891

Оборудование и методика проведения ускоренных сравнительных испытаний на износостойкость сталей, эксплуатируемых в почвенной среде**Equipment and method for carrying out of accelerated comparative tests for wear resistance of steels operating in soil medium**А. М. МИХАЛЬЧЕНКОВ¹, д-р техн. наукВ. А. ДЕНИСОВ¹, д-р техн. наукА. А. НОВИКОВ², инж.

¹ Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка, Москва, Россия, mihalchenkov.alexandr@yandex.ru

² Брянский государственный аграрный университет, с. Кокино, Брянская обл., Россия, alexandr-32rus.novikov@yandex.ru

A. M. MIKHAL'CHENKOV¹, DSc in EngineeringV. A. DENISOV¹, DSc in EngineeringA. A. NOVIKOV², Engineer

¹ All-Russian Research Institute of Technology for Repair and Maintenance of Machine and Tractor Fleet, Moscow, Russia, mihalchenkov.alexandr@yandex.ru

² Bryansk State Agrarian University, Kokino, Bryansk region, Russia, alexandr-32rus.novikov@yandex.ru

Разработка технологий изготовления, восстановления и упрочнения деталей, работающих в почвенной среде, и прежде всего конструктивных элементов почвообрабатывающих машин требует предварительных испытаний используемых материалов на стойкость к абразивному изнашиванию. Это касается и термообработанных сталей. Однако существующие методики и устройства для проведения подобных исследований не позволяют охватить весь комплекс задач. Так, отсутствуют методологии, которые позволили бы проводить ускоренные сравнительные испытания нескольких термообработанных образцов одновременно с разными параметрами режима при сохранении идентичности испытаний в любой момент времени. В результате рассмотрения ряда конструктивных схем предложено устройство, в котором на остова цилиндрической формы крепятся пять экспериментальных образцов. Испытания проводятся путем его вращения в абразивной среде по вертикальной оси. В статье предложенное устройство представлено в реальном исполнении. Отработана методика проведения эксперимента для среды, представляющей собой супесчаную почву с гравиевидными включениями. Разработанные методика и оборудование позволяют проводить испытания на изнашивание с решением ряда задач, в числе которых: обеспечение ускоренного изучения абразивной стойкости не менее пяти образцов с разной твердостью; проведение исследований одновременно для всех опытных материалов в одинаковых условиях с обеспечением достоверности и сравнимости результатов в любой момент времени; универсальность методологии; возможность использования абразивной среды любого состава; простота конструкционного исполнения и проведения эксперимента.

Ключевые слова: абразивное изнашивание; термоупрочнение; сравнительные испытания; ускоренные испытания; стали; незакрепленный абразив; износостойкость.

The development of manufacturing, restoration and hardening technologies for parts operating in the soil medium, and above all for structural elements of tillage machines requires preliminary tests of materials in use for abrasive wear resistance. The above-mentioned extends to heat-treated steels. However, the existing methods and devices for carrying out such studies do not allow to cover the whole complex of problems. So, there are no methodologies allowing to carry out accelerated comparative tests of several heat-treated samples simultaneously with different parameters of mode, while maintaining the identity of tests at any time. As a result of considering a number of constructive schemes, a device with five experimental samples mounted on its cylindrical form framework is proposed. The tests are carried out by means of its vertical axis rotation in abrasive medium. The article presents the proposed device as an actual product. A method of experimentation has been worked out for the medium, which is a sandy loam soil with gravel inclusions. The developed method and equipment allow to carry out the wear tests for studying of abrasion resistance of at least five samples of different hardness, for conducting of the research under same conditions for all test materials at any time, for providing the accuracy and comparability of the results.

Keywords: abrasive wear; thermohardening; comparative tests; accelerated tests; steels; unattached abrasive; wear resistance.

Введение

Исследования на абразивное изнашивание в лабораторных условиях дают возможность оценить пригодность материалов, подвергшихся тому или иному упрочняющему воздействию, к эксплуатации в абразивной среде, не прибегая к трудоемким и дорогостоящим натурным испытаниям. Это особенно важно

при разработке технологий изготовления, восстановления и упрочнения деталей, используемых в условиях интенсивного воздействия почвы, представляющей собой незакрепленный абразив. К таким изделиям прежде всего относятся рабочие элементы почвообрабатывающих машин: плужные лемехи, отвалы, полевые доски, культиваторные лапы

и др. Однако известные методологии таких испытаний зачастую не охватывают весь комплекс изучаемых вопросов [1—3], что приводит к получению результатов невысокой степени достоверности.

К таким исследованиям относятся и сравнительные испытания сталей, подвергнутых термоупрочняющей обработке, с различными

параметрами режима. Необходимость совершенствования методов и устройств для изучения процесса износа обусловлена также недостаточным раскрытием проблемы абразивостойкости сталей после термоупрочнения [4, 5].

Цель исследования

Одна из главных сложностей заключается в необходимости сохранения параметров эксперимента постоянными для всех изучаемых материалов за весь период его проведения. Идентичности опытов и сравнимости данных можно достичь в том случае, если вся совокупность образцов будет находиться одновременно в одинаковых условиях. Однако изменение свойств абразивной массы в функции времени испытаний делает практически невозможным получение достоверных и сравнимых экспериментальных результатов при использовании известных методов и оборудования [2], так как каждый последующий образец трассируется уже в измененной среде истирания после ее контактирования с предыдущим образцом.

Для решения поставленной задачи необходимо соблюдение ряда условий:

- одновременное испытание группы сталей с различной твердостью H , которая служит критерием стойкости к абразивному изнашиванию;
- сохранение идентичности условий испытаний за счет одинаковых свойств абразивной среды в зоне контактирования для всех испытуемых материалов в любой момент времени эксперимента;
- значительное сокращение времени проведения испытаний в сравнении со стендовыми или натурными.

Для проведения испытаний требуется, чтобы все экспериментальные образцы были закреплены в диаметрально противоположных местах на одном основании, помещены в абразивную среду и перемещались по круговой траектории. Это позволит исследовать одновременно и в одинаковых условиях стали нескольких уровней твердости.

Обоснование конструкции приспособления

Как показал ряд предварительных опытов, в лучшем варианте конструкции остов с закрепленными на



Рис. 1. Конструкционные элементы приспособления:

a — остов; b — оправка

нем экспериментальными образцами имеет форму цилиндра. Испытания проводятся путем его вращения в абразивной среде по вертикальной оси. Принципиально предлагаемая схема напоминает устройство хонинговальной головки для обработки гильзовых втулок двигателей внутреннего сгорания.

Форма и размеры остова диктуются геометрическими параметрами образцов и условиями их крепления, соблюдением условия жесткости, возможностью соединения с различными оправками и многоразового использования. Остов изготавливается из стали в форме цилиндра высотой 60 мм и диаметром 80 мм со сквозной резьбой М20 для соединения с оправкой и выполненными на поверхности по высоте пятью пазами шириной 25 мм и глубиной 3 мм для крепления опытных образцов (рис. 1, a), что отвечает оговоренным выше требованиям.

Оправка представляет собой конус Морзе с резьбой на одном конце (рис. 1, b). Номера конусов могут быть различными в зависимости от размеров шпинделя станка. Наличие конуса позволяет закреплять собранное приспособление в шпинделе фрезерных или сверлильных станков. Резьба используется для сборки с остовом.

Образцы представлены в виде пластин шириной 24 мм, толщиной 8 мм и длиной 60 мм, равной высоте остова (рис. 2). То, что их ширина несколько меньше ширины пазов на остове, объясняется возможностью беспрепятственного расширения при нагревании в период проведения эксперимента. Площадь поверхности контактирования образца с абразивом позволяет максимально полно реализовать механизм абразивного изнашивания. Толщина 8 мм обеспечивает расположение пластин в пазах выше поверхности остова примерно на 6 мм. Такая высота создает оптимальные условия для под-

готовки остова с закрепленными образцами к проведению эксперимента и его реализации и позволяет избежать заметного износа остова, обеспечивая его неоднократное использование. Контрольные эксперименты показали, что истирания остова не происходит даже при большом количестве испытаний (20 циклов), что подтверждено неизменностью диаметров лунок, расположенных в различных областях его поверхности.

Наличие торцевых пазов у пластин (см. рис. 2) способствует увеличению прочности сцепления образца с остовом в случае клеевого соединения и увеличивает отвод теплоты, возникающей при проведении испытаний вследствие трения образцов об абразив. Эксперименты, проведенные с приклеенными образцами без пазов, показали, что нередко происходит их отслаивание.

Пластины приклеивали в пазы остова с помощью эпоксидного состава, включавшего 100 массовых частей эпоксидной смолы ЭД-18 и 10 массовых частей полиэтиленполиамин (отвердителя). Отверждение клеевой массы осуществляли в естественных условиях в течение 48 ч, после чего удаляли ее заполимеризовавшиеся остатки.

После приклеивания и отверждения полученную конструкцию по геометрическим параметрам нельзя считать пригодной для проведения качественных испытаний (рис. 3, a). Использование конструкции в таком виде приведет к существенным затратам времени на образование ци-



Рис. 2. Термоупрочненная пластина с торцевыми пазами

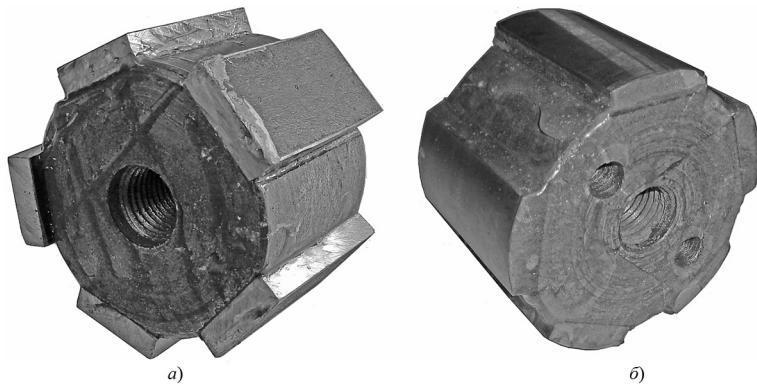


Рис. 3. Остов с термоупрочненными стальными образцами:

а — в виде полуфабриката; *б* — подготовленный к испытаниям

линдрической формы образцов и приработку, а также к полной потере свойств абразивного компонента. Поэтому для доводки конструкции проводили точение и шлифование с целью придания сферического профиля контролируемым поверхностям пластин (рис. 3, б).

Опытные образцы нумеровали путем сверления от одной до пяти лунок диаметром 3 мм на торцевой поверхности остова напротив исследуемых пластин (рис. 4).

Собранное устройство может быть закреплено в шпинделе сверлильного или вертикально-фрезерного станка.

Отработка техники испытаний

Изнашивание образцов происходит при вращении подготовленного приспособления в абразивной среде в установленной на станине станка емкости (см. рис. 4). Частота вращения варьируется при помощи коробки передач.

Частота вращения приспособления, обеспечивающая максимальную интенсивность изнашивания при минимальном времени проведения испытаний, для заданного состава абразивной среды устанавливается опытным путем. При отработке оптимальных параметров испытаний частота вращения n шпинделя станка изменялась от 500 до 1000 мин⁻¹. Выявлено, что с увеличением n время проведения испытаний уменьшается. Оптимальная частота вращения составила 700–800 мин⁻¹, при этом время эксперимента не превышает 40 мин. Замечено, что $n > 800$ мин⁻¹ приводит к непропорциональному росту скорости изнашивания исследуемых материалов, поэтому дальнейшее увеличение час-

тоты вращения нецелесообразно. Данные по параметрам испытаний приведены для абразивной среды, состоящей из строительного песка и гранитной крошки с размером частиц 2–6 мм.

Нужно отметить, что количественный состав абразива в целом определяется условиями эксперимента. Степень абразивности среды можно задавать в зависимости от цели испытаний. Повышение изнашивающей способности абразива ведет к сокращению времени эксперимента. Силовое воздействие на изучаемый образец создается за счет находящегося над ним объема абразивного материала.



Рис. 4. Приспособление и абразивная среда в момент испытаний

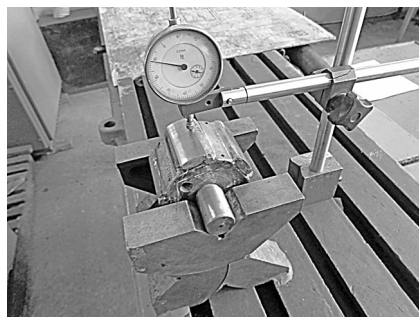


Рис. 5. Устройство для контроля износа

В процессе испытаний образец периодически извлекали из емкости с абразивным компонентом для фиксации динамики износа. Износ опытных образцов контролировали при помощи часто применяемой конструкции из опор (призм), на которые устанавливали приспособление с опытными образцами, и стойки с микронным индикатором (рис. 5). Измерения вели из одного положения. Дополнительный контроль износа можно осуществлять и другими методами, например способом лунок.

Выводы

Таким образом, разработанные методика и оборудование позволяют проводить испытания на изнашивание с решением ряда задач, в числе которых:

- обеспечение ускоренного изучения абразивной стойкости не менее пяти образцов с разной твердостью;
- проведение исследований одновременно для всех опытных материалов в одинаковых условиях с обеспечением достоверности и сравнимости результатов в любой момент времени;
- универсальность методологии;
- возможность использования абразивной среды любого состава;
- простота конструкционного исполнения и проведения эксперимента.

Литература и источники

1. Хрущов М. М., Бабищев М. А. Абразивное изнашивание. М.: Наука, 1970. 247 с.
2. Михальченко А. М., Климова Я. Ю., Лушкина С. А. и др. Классификация и анализ способов испытаний на изнашивание в абразивной массе с жестко закрепленным абразивом // Бюллетень научных работ Брянского филиала МИИТ. 2014, № 1. Вып. 5. С. 15–18.
3. Куксенова Л. И., Лаптева В. Г., Колмаков А. Г. и др. Методы испытаний на трение и износ: Справочное издание. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 152 с.
4. Михальченко А. М., Бутарева Е. В., Михальченкова М. А. Изнашивание локально-упрочненных деталей при свободном перемещении в абразивной среде (на примере плужного лемеха) // Упрочняющие технологии и покрытия. 2014, № 3. С. 39–44.
5. Михальченко А. М., Козарез И. В., Тюрева А. А. Критерии предельного состояния лемеха // Научное обеспечение агропромышленного производства: Матлы междунар. науч.-практ. конф. Курск, 2010. С. 278–281.

Окончание статьи А. М. Михальченкова и др. Начало см. на стр. 46

References

1. Khrushchov M. M., Babichev M. A. *Abrazivnoe iznashivanie* [Abrasive wear]. Moscow, Nauka Publ., 1970, 247 p.
2. Mikhal'chenkov A. M., Klimova Ya. Yu., Lushkina S. A., Ermakova T. A. Classification and analysis of ways of tests for wear in abrasive weight with nonrigidly fixed abrasive. *Byulleten' nauchnykh rabot Bryanskogo filiala MIIT* [Bulletin of scientific works of the Bryansk branch of MIIT], 2014, no. 1, vol. 5, pp. 15–18 (in Russ.).
3. Kuksenova L. I., Lapteva V. G., Kolmakov A. G., Rybakova L. M. *Metody ispytaniy na trenie i iznos* [Friction and wear test methods]. Moscow, Intermet Engineering Publ., 2001, 152 p.
4. Mikhal'chenkov A. M., Butareva E. V., Mikhal'chenkova M. A. Wear of locally reinforced parts during free movement in the abrasive media (on the example of ploughshare). *Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya*, 2014, no. 3, pp. 39–44 (in Russ.).
5. Mikhal'chenkov A. M., Kozarez I. V., Tyureva A. A. Criteria for the limit state of ploughshare. *Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo proizvodstva. Mat-ly mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Scientific support of agroindustrial production. Proc. of int. sci. and pract. conf.]. Kursk, 2010, pp. 278–281 (in Russ.).