
МЕТОДОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ УСКОРЕННЫХ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА АБРАЗИВНОЕ ИЗНАШИВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ С РАЗЛИЧНЫМ СОСТАВОМ, СТРОЕНИЕМ И СВОЙСТВАМИ

*А.М. Михальченков, докт. техн. наук, В.П. Лялякин, докт. техн. наук,
М.А. Михальченкова, соискатель
(ФГБНУ ГОСНИТИ, МГУПС – Брянский филиал, mihalekm@yandex.ru)*

Аннотация. Разработана методология и оснастка, позволяющая одновременно проводить ускоренные сравнительные испытания нескольких материалов с различными свойствами на предмет их стойкости к абразивному изнашиванию в среде с нежестко скрепленными абразивными частицами.

Ключевые слова: абразивное изнашивание, ускоренные испытания, сравнительные испытания, полимерные композиции, металлические сплавы, покрытия, методология испытаний.

Лабораторные испытания при исследовании абразивостойкости материалов являются неотъемлемой частью в общем комплексе мероприятий по подбору их наиболее эффективных составов и строения в соответствии с условиями эксплуатации. Нужно сказать, что к настоящему времени разработано значительное количество методов и устройств для проведения вышеозначенных испытаний, которые, как правило, призваны исследовать поведение материалов в привязке к конкретным деталям и факторам, определяющих их работу [1, 2].

Между тем вследствие многообразия процессов абразивного износа [3], нельзя с полной уверенностью утверждать, что в этой области технических знаний все задачи полностью решены.

К вопросам, требующим рассмотрения, прежде всего нужно отнести исследования, связанные со сравнительными испытаниями материалов, имеющих одинаковые компоненты, но не одинаковый состав, с резко отличающимися свойствами фаз и различным их соотношением. В этом плане примером могут служить эпоксидные компаунды с разного рода наполнителями, относящиеся к композиционным веществам, когда концентрация наполнителя и его дисперсность неодинаковы. В этом случае возникает настоятельная необходимость в максимальной идентичности испытаний таких материалов во избежание неточностей получаемых экспериментальных данных и, как следствие, неправильного выбора материала.

Отдельно следует заметить, что необходимость создания метода испытаний и оснастки для его реализации усугубляется еще и недостаточным количеством исследований проблемы абразивостойкости полимер-клеевых композитов.

Помимо этого, проведение подобных испытаний необходимо и в отношении металлических сплавов различной твердости (агрегатной и отдельных компонентов), выступающих в качестве износостойких покрытий, т.к. вопрос о степени влияния этого параметра на стойкость к абразивному изнашиванию нельзя считать полностью закрытым. Так, остаются не до конца выясненными вопросы об эффективности применения наплавочных и напыляемых материалов, обеспечивающих покрытия с наличием карбидных включений.

Известны исследования, подтверждающие мнение о прямо пропорциональной зависимости между твердостью и стойкостью к абразивному изнашиванию [4]. Однако описанные в [4] эксперименты с материалами различной твердости называть идентичными вряд ли возможно.

Полной идентичности испытаний можно достичь в том случае, если серия образцов будет испытываться одновременно в одинаковых условиях. Однако имеющее место изменение свойств абразивной массы в функции времени испытаний затрудняет проведение подобных экспериментов, если не делает их невозможными с точки зрения получения достоверных и сравнимых экспериментальных данных. В этом случае каждый последующий образец будет трасироваться в уже измененной среде истирания после ее контактирования с предшествующим.

Немаловажным является и вопрос ускоренного проведения испытаний.

Таким образом, задача сводится к выполнению трех условий: первое – одновременное испытание нескольких материалов с одинаковыми компонентами, но с различным процентным соотношением фаз, резко отличающихся своими свойствами и имеющих четкую границу раздела; второе – сохранение идентичности условий испытаний за счет одинаковости свойств абразивной среды в зоне контактирования для всех испытываемых материалов в любой момент времени эксперимента; третье – максимальное сокращение времени проведения испытаний.

Нужно отметить, что уровень абразивности среды может задаваться в зависимости от поставленной цели испытаний. Повышение изнашивающей способности абразива также будет способствовать сокращению времени эксперимента.

Испытания одновременно нескольких образцов, изготовленных из различных материалов, приводит к усложнению испытательных устройств и уменьшению точности результатов исследований. Нельзя исключить и снижение надежности непосредственно самих установок из-за увеличения количества конструктивных элементов. Примером в этом случае может служить конструкция «вращающаяся чаша» [5]. Выход из такого положения состоит в том, чтобы исследуемые материалы располагались на поверхности одной основы и в комплексе представляли собой опытный образец.

Для этого на основе формируются покрытия из материалов с различными строением, структурой и свойствами, но имеющими одну природу (кристаллические, аморфные, композитные и т.п.), в виде диаметрально расположенных участков, что позволяет исследовать одновременно и в одинаковых условиях материалы нескольких составов.

Следовательно, образец должен иметь форму цилиндра, а испытания проводиться путем его вращения в абразивной среде с вертикально расположенной осью. Применение поступательного движения и плоских образцов с несколькими покрытиями возможно, но вызывает трудности при создании конструкции, обеспечивающей удержание абразива в замкнутом пространстве, и, соответственно, усложняет испытательную установку. Устройства с горизонтальным вращением также будут иметь отмеченные недостатки.

Основа имеет цилиндрическую форму (рис. 1) и изготавливается точением из стали, серого чугуна или других материалов в соответствии с технологической совместимостью исследуемого материала основы, а также задачами эксперимента.

Наружный диаметр (D) составляет 60-80 мм и определяется возможностью размещения 4-х - 5-ти опытных покрытий, которые формируются вдоль образующей цилиндрической поверхности на диаметрально противоположных сторонах основы.

Высота цилиндра (t) – 50-70 мм выбирается, исходя из минимизации влияния разности давлений абразивной массы по длине изучаемого покрытия.

Формируемые покрытия должны выступать над поверхностью основы на 8-12 мм.

Принятые геометрические параметры образцов, кроме отмеченных условий, базируются на возможности фиксирования износа методом лунок [6]. Использование данного метода позволит избежать влияния износа (в его линейном или весовом выражении) непосредственно основы образца на экспериментальные данные для покрытий. Расстояние от контура контрольной лунки до линий, ограничивающих периметр покрытия, должно быть не менее $2d$ (где d – диаметр лунки, мм) во избежание возможных разрушений при проведении испытаний ввиду отрицательного влияния контактных напряжений, возникающих от воздействия частиц абразива. Особенно это важно для полимерных покрытий из-за их сравнительно высокой хрупкости. Диаметр лунки должен составлять примерно 6-8 мм, в этом случае ширина сформированного покрытия будет равна 30-40 мм, размерность же по высоте основы удовлетворяет указанным выше требованиям. Лунка представляет собой высверленную на поверхности покрытия конусную форму. Отдельно следует сказать, что ширина покрытия и наличие на поверхности основы 4-5-ти участков с испытываемыми материалами позволит избежать чрезмерного ее истирания.

На внутренней поверхности по всей длине образца нарезается резьба М20-М22 с нормальным шагом для крепления образца на оправке, что обеспечит достаточную жесткость соединения «оправка-образец».

Формирование покрытий, основанных на металлических и полимер-клеевых составляющих, требует отдельного рассмотрения вследствие совершенно различных процессов, лежащих в основе их формирования.

Нанесение испытываемого материала повышенной абразивостойкости на металлической основе в реальных условиях чаще всего производится наплавкой (реже – напылением, электрохимическими, термодиффузионными и другими способами) [7].

Поэтому в том случае, когда требуется провести исследование покрытий, сформированных наплавкой, в качестве материала основы необходимо применение стали. При этом марка стали должна соответствовать марке стали детали или максимально приближена к ней по количеству углерода, что позволит избежать нежелательных изменений структуры в зоне термического влияния и непосредственно наплавленного металла и, соответственно, его свойств. Наплавка опытных валиков должна проводиться с минимально возможным нагревом образца, т.е. каждый последующий валик наплавляется после остывания образца до 60°C , это позволит в максимально возможной степени избежать нежелательных последствий чрезмерного температурного влияния.

При наплавке необходимо использовать дополнительные элементы, изготовленные из графита или меди, располагающиеся по торцам образца и являющиеся его продолжением. Это даст возможность избежать дефектов сформированного валика, присущих началу шва и его окончанию (кратеру), т.е. на образце должен находиться валик (покрытие) без изъянов. Использование подобного подхода повысит достоверность получаемых экспериментальных данных. После окончания наплавки дополнительные элементы удаляются.

Можно применять и другой вариант подготовки образца, заключающийся в наплавке опытных материалов на отдельные пластины и последующего их приклеивания к поверхности основы. Однако этот метод несколько усложняет процесс подготовки образца и требует дополнительных операций: фрезерование пазов; приклеивание их к основе, не говоря уже об их изготовлении.

Формирование покрытий, представляющих собой полимер-клеевые композиции, может производиться на образцах, изготовленных как из стали, так и из серого чугуна, так как процесс их нанесения не сопровождается тепловыми воздействиями, оказывающими сколько-нибудь существенное влияние на структуру и свойства исследуемого состава.

Полимер-клеевое композиционное покрытие формируется на участках поверхности с пробранными пазами шириной, равной ширине покрытия (рис. 1). Наличие паза обуславливается обеспечением надежности сцепления композиции с поверхностью основы. Кроме этого необходимо предусмотреть форму на поверхности для заливки композита из материала, легко удаляемую после его полимеризации. Перед нанесением композиции поверхность в обязательном порядке нужно подвергнуть обезжириванию обработкой растворителем. Для проведения испытаний образец с нанесенными композитами необходимо подвергнуть точению для придания соответствующей формы покрытию (рис. 1) и максимального снижения времени приработки при проведении эксперимента.

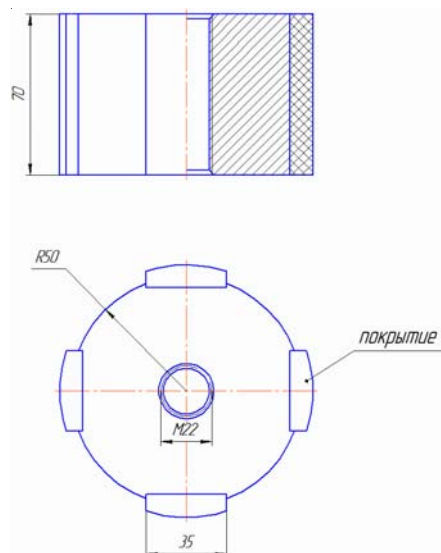


Рис. 1. Опытный образец с полимер-клеевым композиционным покрытием

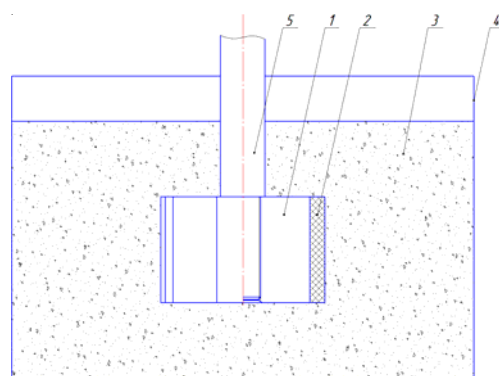


Рис. 2. Схема проведения испытаний

Собранное устройство может крепиться на сверлильном или вертикально-фрезерном станке при помощи специально изготовленной оправки, а испытания ведутся по методу «гильзы» [1]. В общем виде компоновка испытательного стенда показана на рис. 2.

Установка работает следующим образом. Образец 1 со сформированными покрытиями 2 вращается в абразивном материале 3, находящемся в емкости 4, установленной на станине станка. Вращение образца осуществляется от шпинделя станка через оправку 5, а число обработок устанавливается и варьируется при помощи коробки перемены передач. Форма и размеры оправки определяются конструкцией шпинделя станка. Подбором можно установить частоту вращения образцов, обеспечивающую минимальное время проведения опытов. В процессе испытаний образец периодически извлекается из емкости с абразивной компонентой для фиксации динамики его износа и перемешивания абразива.

Давление на изучаемый материал создается объемом абразивного материала, находящегося над образцом, и легко просчитывается по известным формулам.

В качестве примера, демонстрирующего реализацию изложенной методологии и разработанной оснастки, авторы представляют испытания полимер-клевого композиционного материала на основе эпоксидного компаунда с наполнителями из отходов от заточки режущего инструмента из твердых сплавов.

Испытуемыми материалами были четыре состава: эпоксидный компаунд без наполнителя, три композиции, состоящие из эпоксидного компаунда (30%) и

шлама (70%), абразивных частиц заточного камня (30%), частиц твердого сплава (70%). Выделение частиц твердого сплава из шлама проводилось магнитной сепарацией.

Абразивной средой служила смесь строительного песка и гранитной крошки. Размер гранитных частиц находился в диаметре 2-6 мм. (Авторы не приводят результаты экспериментальных исследований изучаемых материалов, так как это не является целью публикации.)

Методология предполагает два этапа: первый – подготовка образца для испытаний; второй – проведение испытаний.

Подготовка образца заключается в вытачивании основы; формировании покрытий с различным фазовым составом (в данном случае составы описаны выше); точение сформированных опытных материалов «в один размер»; сверление лунок и сборка образца (рис. 3); непосредственно проведение испытаний (рис. 4).



Рис. 3. Образец, подготовленный для испытаний



Рис. 4. Испытательная установка

При отработке методики наряду с оценкой износостойкости опытных материалов также контролировался износ основы образца при помощи того же метода лунок. В результате, как и предполагалось, сколь-нибудь заметного износа основы не наблюдалось. Это позволяет проводить неоднократные опыты на одной и той же основе.

Число оборотов шпинделя (n) станка варьировалось от 500 мин^{-1} до 1000 мин^{-1} . Было установлено, что с увеличением частоты вращения образца время на проведение испытаний уменьшается. Так, если при n равному 700 мин^{-1} время испытаний составляет более 600 мин, то при n равному 1000 мин^{-1} оно сокращается до 40 мин. Эксперименты при частоте вращения шпинделя превышают 1600 мин. Из этого следует, что увеличение n приводит к непропорциональному росту скорости изнашивания исследуемых материалов.

Выводы

Разработанная методология и оснастка позволяют:

- проводить испытания одновременно нескольких материалов (до пяти составов) с одинаковыми компонентами, но с различным процентным соотношением фаз, резко отличающихся своими свойствами и имеющих четкую границу раздела, а также материалов с неодинаковой твердостью;

- сохранять идентичность условий испытаний за счет одинаковости свойств абразивной среды в зоне контактирования для всех испытуемых материалов, в любой момент времени эксперимента;
- максимально сократить время проведения испытаний;
- обеспечить высокую достоверность и сравнимость экспериментальных данных;
- испытывать материалы покрытий различной природы и сформированные различными методами.

Методология реализуется простой в изготовлении конструкцией.

Литература

1. Михальченков А.М., Климова Я.Ю., Лушкина С.А., Ермакова Т.А. Классификация и анализ способов испытаний на изнашивание в абразивной массе с нежестко закрепленным абразивом // Бюллетень научных работ Брянского филиала МИИТ. – 2014, № 1. Вып. 5. – С. 15-18.
2. Хрущов М.М. Абразивное изнашивание / М.М. Хрущов, М.А. Бабичев. М.: Наука, 1970. – 247 с.
3. Виноградов В.Н. Абразивное изнашивание / В.Н. Виноградов, Г.М. Соколин, М.Г. Колокольников. – М.: Машиностроение, 1990. – 224 с.
4. Серпик Н.М. Исследование изнашивания сталей при трении в свободном абразиве / Износ и трение металлов и пластмасс. М.: Наука, 1964. – С.34-40.
5. Беркович Е.С., Несвижский О.А., Крпашина Л.Б. и др. Опыт определения относительной износостойкости наплавов // Трение и износ в машинах. – Сб х V, Изд. АН СССР, 1962. – С.31-46.

Carrying out methodology of accelerated comparative tests for abrasive wear of materials with different composition, structure and properties

*Dr of Engineering, Professor Mikhailchenkov A. M.,
Dr of Engineering, Professor Lyalyakin V.P.,
Applicant Mikhailchenkova M.A.*

(GOSNITI, Moscow State University of Railway Engineering (MIIT))

Annotation. *The new methodology and the tackle for simultaneous carrying out of accelerated comparative test for several materials with different properties for examining their immunity to abrasive wear in medium with non-rigid bound abrasive particles are worked out.*

Keywords: *abrasive wear, accelerated tests, comparative tests, polymer composition, metal alloys, coverings, testing methodology.*

References

1. Mikhailchenkov A.M., Klimov Y.Y., Lushkina S.A., T.A. Ermakova Classification and analysis of test methods for wear in the abrasive mass with loosely-fixed abrasive // Bulletin scientific papers Brjan-ray branch of Engineering. - 2014. - №1, Issue 5. - P. 15 - 18
2. M.M. Khrushchev Abrasion / M.M. Khrushchev, M.A. Babich. M. : Science, 1970 - 247 p.
3. VN Vinogradov Abrasion / VN Vinogradov, GM Co-Rockin “, MG Bellers. - M. : Mechanical Engineering, 1990 - 224 p.
4. Serpik N.M. Investigation of wear of steels by friction in the free-abrasive nom / «Wear and friction of metals and plastics» - M. : Science, 1964 - P. 34-40
5. E.S. Berkovich, Nesvizhsky O.A., Kraposhin L.B. et al. Definition experience-ment relative wear resistance surfacing // «Friction and wear in machines.» - Sat x V, Ed. USSR Academy of Sciences, 1962 - P. 31-46

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬХОЗМАШИН ГАЗОПЛАМЕННЫМ МЕТОДОМ

*С.Ю. Жачкин, докт. техн. наук,
Н.А. Пеньков, аспирант, Ю.Э. Симонова, ассистент
(ФГБОУ ВПО Воронежский государственный технический
университет, zhach@list.ru, т. 89081499632)*

Аннотация. В статье рассмотрен способ восстановления деталей сельскохозяйственных машин методом газопламенного напыления. Приведены данные по исследованию механизма процесса нанесения покрытий с применением гибкого порошкового шнура. Рассмотрен гранулометрический состав продуктов распыления ГПШ. Даны рекомендации по использованию метода для восстановления деталей сельхозтехники.

Ключевые слова: газопламенное напыление, восстановление деталей сельскохозяйственных машин, порошковые материалы.

В практике нанесения покрытий при восстановлении деталей сельхозмашин газопламенными методами важное значение имеет метод подачи материала в зону напыления. От него в значительной мере зависят требования, которые предъявляются к исходным порошкам. При порошковой подаче они должны иметь хорошую текучесть, которая, в свою очередь, зависит от размера частиц порошков и их формы. Кроме того, имеет место ограничение по максимальному размеру применяемых порошков, что определяется вероятностью их плавления. Во многом требования к порошкам снижаются при применении для подачи в зону напыления гибких порошковых шнуров (ГПШ) [1,2]. В связи с этим исследование процессов нанесения покрытий с помощью ГПШ является актуальным.

В работе, для выяснения механизма процесса нанесения покрытий с применением ГПШ, исследовалось влияние скорости его подачи в зону напыления при нанесении покрытий из композиций, состоящих из самофлюсующихся сплавов (СФ) и тугоплавких соединений (ТС). Было установлено, что последняя оказывает влияние на диаметр пятна напыления (угол раскрытия газопорошкового факела) и, тем самым, на коэффициент использования материала. Отмечено, что при оптимальной скорости подачи ГПШ в зону напыления, диаметр пятна наименьший. Так, для шнура диаметром 3,2 мм при скорости подачи 40 см/мин диаметр пятна напыления составляет 40 мм и при увеличении диаметра шнура – увеличивается. При этом во всех случаях он меньше, чем при порошковой подаче материала. По-видимому, это связано с тем, что при порошковой подаче напыляемый материал невозможно ввести в центр пламенной струи из-за взаимодействия частиц порошка с газовым потоком. Следует предположить, что центробежная составляющая сил взаимодействия заставляет двигаться частицы под углом к оси газового потока, тем самым увеличивая диаметр пятна напыления. В случае же нанесения покрытий из указанных композиций с помощью ГПШ ее диспергирование начинается не сразу после введения в пламенную струю, а после истечения некоторого времени, необходимого для разрыва связей между частицами ТС, образовавшихся за счет плавления легкоплавкой составляющей (СФ) композиции.