

ИСПЫТАНИЕ МАТЕРИАЛОВ НА УДАРНО-АБРАЗИВНОЕ ИЗНАШИВАНИЕ

Е.Е. Лапицкий

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель В.А. Люцко

Многие детали современной техники (режущие элементы сельскохозяйственных машин, буры нефтяных установок, траки гусениц тракторов) в процессе эксплуатации подвергаются интенсивному изнашиванию, обусловленному одновременным воздействием большого количества факторов: абразивных частиц, почвенного аэрозоля, влаги, ударных нагрузок. Такое комплексное влияние вышеперечисленных факторов на износ деталей еще недостаточно полно изучено, так как применяемое на практике лабораторное оборудование предназначено для испытаний образцов либо в условиях чистого трения скольжения по незакрепленному абразиву или закрепленной абразивной шкурке, либо в условиях чистого удара по наковальне с абразивной прослойкой [1].

В данной работе исследования проводились на установке, позволяющей производить комплексное нагружение испытываемых образцов: на удар по незакрепленному абразиву, скольжение по абразивной прослойке, статическое нагружение и изгиб [2].

Конструктивно установка оформлена как приспособление к токарному станку (рис. 1). В качестве ударного инструмента используется вал-шестерня 10, которая зажимается в трехкулачковом патроне токарного станка. Материал шестерни – сталь 20ХН3А, поверхность зубьев цементирована на глубину до 1,8 мм с HRC_э 58...62. Образец 4 фиксируется в приспособлении типа «коромысло», устанавливаемом на суппорте токарного станка и имеет возможность перемещаться в поперечном и продольном направлениях. Бункер 8 с направляющим устройством, обеспечивает подачу абразива на испытываемую поверхность. Угол наклона образца определяется конструктивно и принимается в пределах 20–30°. Процесс испытания происходит следующим образом: при вращении вала-шестерни зуб ударяет по торцевой поверхности испытываемого образца и продолжает вращательное движение, увлекая за собой образец. При ударе абразив вдавливается в испытываемую поверхность, происходит ударный износ в абразивной прослойке. При дальнейшем вращении ударный инструмент скользит по испытываемому образцу, прижатому к ударному инструменту усилием пружины 5, передаваемым через коромысло 3, и происходит процесс микрорезания поверхности образца абразивными частицами. Процесс повторяется столько раз, сколько определено условиями испытаний. Наибольший эффект от применения данной установки может быть достигнут при лабораторных испытаниях по дифференцированному отбору износостойких наплавочных материалов для условий абразивного, ударного или ударно-абразивного изнашивания.

В настоящих исследованиях оценивалась работоспособность в условиях ударно-абразивного изнашивания ферромагнитных покрытий, получаемых при магнитоэлектрическом упрочнении. Испытания образцов производили на лабораторной установке в двух режимах: с включением блока стабилизации и с его отключением [3]. Образцы изготавливались из стали 45 в виде ступенчатых цилиндров с диаметрами $d = 15$ мм и $d = 10$ мм и размерами ступеней 20 и 10 мм. Покрытия наносились на торцевую поверхность большей ступени образца ферромагнитными порошками

(ФМП), из ферробора (ФБ-17), феррохромбора (ФХБ-1) и чугуна, легированного бором (БЧ-1). В качестве абразива применялся кварцевый песок с размерами частиц 0,4–0,8 мм, являющийся основой абразивной составляющей почвы и наиболее часто применяющийся при лабораторных испытаниях [1]. Износостойкость оценивалась гравиметрическим методом по потере массы образца Δm [3].

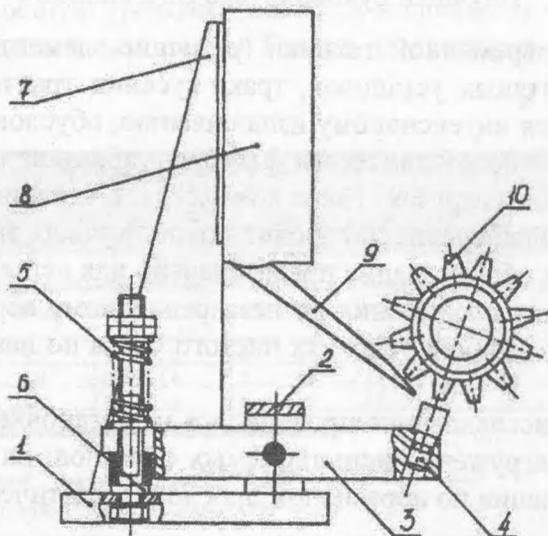


Рис. 1. Общий вид лабораторной установки: 1 – плита, 2 – стойка, 3 – коромысло, 4 – образец, 5 – пружина, 6 – направляющая, 7 – стойка, 8 – бункер с абразивом, 9 – лоток, 10 – шестерня

Процесс ударно-абразивного изнашивания во многом определяется энергией единичного удара. При удельной энергии единичного удара до 5 Дж/см^2 изнашивание протекает медленно, а при удельной энергии удара более 25 Дж/см^2 происходит интенсивное разрушение поверхностного слоя. Поэтому исследования проводились при значении энергии единичного удара $E_{уд} = 10 \text{ Дж/см}^2$, находящейся в середине указанного интервала, и которая наиболее близко соответствует реальным условиям нагружения при взаимодействии рабочих поверхностей деталей различных машин с абразивной средой. Анализ результатов исследований (рис. 2) показывает, что износ с течением времени изменяется неравномерно. Наибольшему износу образцы подвергаются в течение первых 10 минут или $4 \cdot 10^3$ циклов нагружения. В дальнейшем, с течением времени испытаний, темпы изнашивания постепенно уменьшаются. Это объясняется характером изнашивания при ударе по незакрепленному абразиву. В первоначальный момент зарождаются очаги разрушения и происходят качественные изменения на поверхности изнашивания. На ней начинает формироваться специфический рельеф, представляющий собой сочетание лунок и выступов. Такой рельеф первоначально появляется только на отдельных участках – в зонах наиболее благоприятного сочетания условий для внедрения зерен абразива. С увеличением количества ударов число лунок на поверхности изнашивания возрастает, следовательно, возрастает и величина износа и скорость изнашивания. Дальнейшее увеличение числа ударов (до $8 \cdot 10^3$ циклов или 20 мин испытаний) ведет к дроблению абразивных частиц и изменению микро- и макрообъема поверхности изнашивания: глубина лунок уменьшается, а фактическая площадь контакта соударяемых поверхностей, благодаря значительной пластической деформации, увеличивается, что в конечном итоге

ге снижает величину износа и скорость изнашивания. Результаты исследований показали, что данное предположение справедливо только для покрытий из ФМП БЧ-1 (кривая 1), ФБ-17 (кривая 3) и эталона (кривая 4). У образцов с покрытиями из ФМП ФХБ-1 (кривая 2) и ФБ-17 без стабилизации МЭУ (кривая 3') интенсивность износа, наоборот, возрастает.

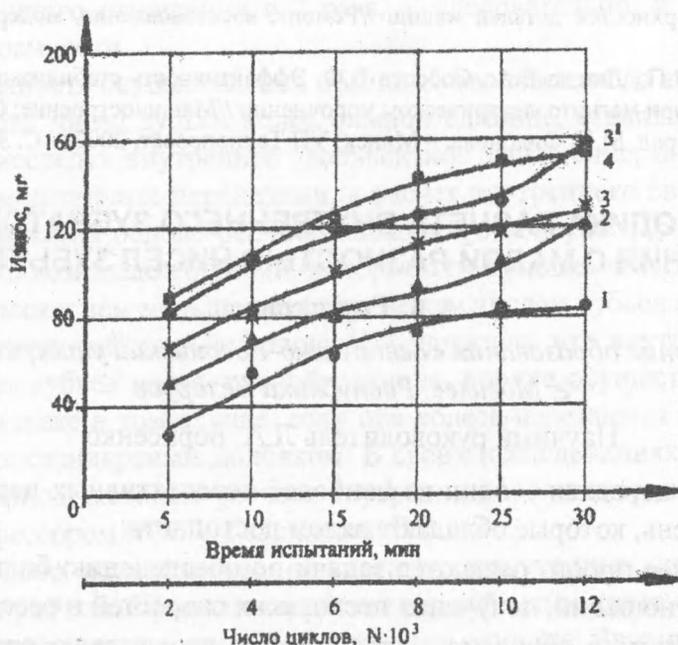


Рис 2. Зависимость ударно-абразивного износа от продолжительности испытаний и марки ферропорошка (энергия удара 10 Дж/см^2): 1 – ФМП БЧ-1; 2 – ФМП ФХБ-1; 3 – ФБ-17; 3' – ФБ-17 без стабилизации МЭУ; 4 – сталь 40 X HRC, 52...56 (эталон)

Такой характер износа покрытий из ФМП ФХБ-1 объясняется тем, что они являются более хрупкими по сравнению с покрытиями из других ФМП. Поэтому увеличение длительности испытаний вызывает появление хрупкого выкрашивания отдельных фрагментов покрытий, состоящих из твердых боридов железа и хрома. Обладая высокой твердостью, эти продукты износа могут шаржировать поверхности трения, служить как бы своеобразным дополнительным абразивом. Все это в совокупности интенсифицирует процесс изнашивания покрытий из этих ФМП. Покрытия, нанесенные без МЭУ, отличаются наличием различных видов дефектов, низкой сплошностью, большим разбросом значений микротвердости верхнего слоя [3, 4]. Эти особенности покрытий отрицательно сказываются на износостойкости при всех видах износа, но особенно сильно они проявляются при абразивно-ударном изнашивании. После 8000 циклов нагружения величина износа образцов (кривая 3') неуклонно растет и по достижении базовой отметки испытаний (12000 циклов) она превышает величину износа эталона.

Таким образом, проведенные исследования показали, что работоспособность ферромагнитных покрытий в условиях ударно-абразивного изнашивания зависит как от химического состава применяемого ферропорошка, так и от условий осуществления процесса МЭУ.

Литература

1. Виноградов В.Н., Сорокин Г.Н., Колокольников Н.Г. Абразивное изнашивание. – М.: Машиностроение, 1990. – 200 с.
2. Породин А.М. Лабораторный метод оценки ударно-абразивной износостойкости наплавленных поверхностей //Информационный листок № 12-84. Государственный ЦНТИ. – М., 1984. – 4 с.
3. Пантелеенко Ф.Н., Люцко В.А., Коршунов А.И. Электромагнитная наплавка плоских изношенных поверхностей деталей машин //Ремонт, восстановление, модернизация. – 2004. – № 1. – С. 2-6.
4. Кульгейко М.П., Люцко В.А., Соболев В.Ф. Эффективность стабилизации энергетического воздействия при магнитоэлектрическом упрочнении //Машиностроение: Сб. научных трудов. Вып. 18 /Под ред. М.П. Филонова. – Минск: УП Технопроект, 2002. – С. 394-398.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВНУТРЕННЕГО ЗУБЧАТОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ С МАЛОЙ РАЗНОСТЬЮ ЧИСЕЛ ЗУБЬЕВ КОЛЕС

А.А. Горшкова

*Учреждение образования «Белорусско-Российский университет»,
г. Могилев, Республика Беларусь*

Научный руководитель Л.А. Борисенко

Планетарные передачи – одни из наиболее перспективных передач, известных на сегодняшний день, которые обладают рядом достоинств:

- наиболее просто решаются задачи по обеспечению больших передаточных отношений, получения нескольких скоростей и реверсирования;
- компактны и обладают малой массой, что, в свою очередь, позволяет улучшить динамические характеристики привода;
- достаточно высокий коэффициент полезного действия;
- планетарный принцип позволяет получать большие передаточные отношения без применения многоступенчатых передач, это снижает потери и упрощает конструкцию опор;
- при использовании нескольких сателлитов нагрузка на зубья в каждом зацеплении уменьшается в несколько раз;
- благодаря применению планетарных передач механизмы получают новые компоновочные возможности, например, встраивание планетарных передач в барабаны, ходовые колеса, роторы экскаваторов, корпуса электро- и гидродвигателей и др.;
- во многих случаях планетарные передачи являются незаменимыми, так как они могут выполнять ряд функций, которые нерациональны или невозможны для других передач.

Особое внимание необходимо обратить на планетарные передачи внутреннего зубчатого зацепления. Внутреннее зацепление обладает повышенной нагрузочной (несущей) способностью, так как у него больше приведенный радиус кривизны в зацеплении, и выпуклая поверхность зуба шестерни работает по вогнутой поверхности зубьев сопряженного колеса.

У передач внутреннего зацепления очень мало удельное скольжение между зубьями, потому что скорость скольжения у этих передач пропорциональна разности угловых скоростей колес, а не сумме, как в передачах внешнего зацепления. Следовательно, уменьшается и мощность трения между боковыми поверхностями сопряженных зубьев.