

ВПЛИВ ЗЕРНИСТОСТІ АБРАЗИВУ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ДИСКРЕТНИХ ПОВЕРХОНЬ

Національний авіаційний університет

Експериментально досліджено триботехнічні властивості дискретних поверхонь в умовах абразивного зношування. Встановлено, що зі збільшення розміру абразивних часток зносостійкість дискретних поверхонь збільшується. Виявлено природу руйнування дискретних поверхонь в умовах абразивного зношування.

Загальна постановка проблеми та її зв'язок з науково-практичними задачами. Серед різних видів зношування деталей і вузлів машин найбільш розповсюдженим і швидким є абразивне, при якому руйнування поверхневого шару деталей здійснюється твердими частками, які по-різному впливають на матеріал трибосполучення. Абразивний знос придушує менш інтенсивні процеси зношування деталей і в тих випадках, коли контакт зі сторонніми твердими частками не зв'язаний з роботою трибосполучення, а обумовлений забрудненням середовища. Тому дуже складно виключити забруднення твердими частками навколишнє повітря, різні технологічні середовища, що контактують з поверхнями тертя деталей.

Витрати на відновлення деталей машин у результаті зношування і особливо абразивного величезні і вони щорічно збільшуються. За даними, приведеним у фундаментальному довідковому виданні [1], загальні втрати матеріалів при експлуатації вузлів і деталей в умовах абразивного зношування складають 20%, хоча існує думка, що абразивному зношуванню може бути приписане ~ 50% усіх проблем, зв'язаних зі зносом [2].

На симпозіумі, проведеному в США з питань зниження зношування техніки [3], загальна думка звелася до того, що керування зношуванням є центральною ланкою у рішенні національних проблем. Відзначалося, що витрати, зв'язані з наслідками абразивного зносу досить високі і складають від 1 до 4% національного продукту у розвинених країнах [4].

Огляд публікацій та аналіз невирішених проблем.

Проблемам абразивного зношування і, відповідно, впливу розміру абразивних часток на зносостійкість трибосполучень присвячено багато робіт відомих вчених.

М.М. Хрущевим і М.А. Бабічевим [5] проведено дослідження зносу при терті металу об шкурки різної зернистості. Установлена прямо пропорційна залежність між зносом і середнім розміром зерна, що спостерігається лише до визначеного «критичного» його розміру, рівного для корундових шкурок приблизно 100 мкм. Для зерен розміром більше «критичного» зношування залишається постійним.

З іншого боку, збільшення розміру абразивних часток зменшує абразивне зношування. Автори [6] пояснюють це зменшенням об'ємною концентрацією абразиву в олії при постійній ваговій концентрації. Аналогічно зменшується зношування і в полімерних матеріалів зі збільшенням розміру абразивних часток [5].

Абразивні частки розділяють поверхні, у результаті контакт поверхонь стає дискретним, а більша частина цих часток нівелює поверхні. Якщо врахувати, що високодисперсні домішки мають адсорбційну оболонку, то можна вважати, що дрібні частки виконують функції противозношувальної і антифрикційної присадок, перешкоджаючи безпосередньому контакту поверхонь тертя [7]. Однак усе це відноситься тільки до часток розміром менш 5 мкм.

Здатність поверхонь тертя закріплювати на собі абразивні частки, що потрапили в сполучення, характеризує шаржуємість цих поверхонь. Відомо, що поверхні з меншою твердістю сильніше шаржуються абразивними частками. Абразивні частки не ковзають по поверхні і, отже, не можуть її зношувати. У той же час сполучена поверхня зношується більш інтенсивно, тому що абразивні частки ковзають по ній. Сірий чавун, наприклад, сполучений із загартованою сталлю, шаржується абразивом більше, ніж сталь. До непогано шаржуємих матеріалів можна віднести також ковкий чавун, бронзу, пластмаси [8].

Форма абразивної частки впливає на розміри канавки зносу, що утворюється на поверхні матеріалу. Експерименти підтвердили, що менший знос має місце, коли зношування здійснюється округлими

частками, а не гострими. У роботі [9] наведено збільшені зображення канавок видавлювання, отримані за допомогою «гострого» і «тупого» алмазних інденторів. Виявилося, що гребені по сторонах канавки від видавленого матеріалу мають різну висоту, що обумовлено не перпендикулярністю індентора стосовно поверхні зношування. Крім того, при майже однаковій глибині канавки, тупий індентор створює гребені істотно меншої висоти. Це можна пояснити утворенням часток зносу, що зменшує кількість матеріалу йде в «відвал». Таким чином, «тупий» індентор створює більш жорсткі умови деформації.

Для гострих абразивних часток існують критичні кути переходу від видавлювання до різання, менше яких абразивні частки вже не видаляють стружку з поверхні тертя. Критичні кути для різних матеріалів знаходяться в інтервалі від 45° (мідь) до 85° (алюміній). Останнім часом розробляється концепція «гостроти» абразивних часток і поверхонь. Гострота представляється як важлива властивість, що описує (за допомогою складного математичного апарата) форму тіл у поняттях їхньої потенційної можливості до зношування [10].

Абразивне зношування може бути реалізовано й в умовах виборчого переносу [11]. Абразивні частки розміром менш 3 мкм не тільки не придушують виборчий перенос у парі бронза-сталь у середовищі гліцерину, але й ініціюють цей процес і прискорюють утворення сервовитної плівки. При розмірі часток більш 3 мкм сервовитна плівка зношується, але все-таки зменшує сили тертя і знижує інтенсивність зношування. Формування плівки відбувається в зоні безпосереднього контакту поверхонь тертя при відповідних мастильних матеріалах. Тому, якщо абразивний прошарок не буде розділяти поверхні тертя від безпосереднього контакту, то сервовитна плівка буде утворюватися, збільшуючи зносостійкість робочих поверхонь деталей.

Таким чином, механізм абразивного зношування дуже складний і складається з ряду взаємозалежних процесів, що включають вдавнення абразивних часток в поверхні тертя і наступне їхнє відносне переміщення. При цьому утворення часток зношування може здійснюватися в результаті однократного чи

багаторазового впливу абразивної частки, пластичне чи пружного деформування або в результаті механо-хімічних процесів. Інтенсивність і повнота протікання кожної зі складових частин цих процесів визначається як властивостями металу, так і умовами зношування.

Дослідження фундаментальних закономірностей зношування трибосполучень під впливом абразивних часток, а також природи процесів, що відбуваються на поверхні тертя, є актуальним напрямком досліджень науки трибології. Воно дозволяє досягати значного прогресу рішення проблеми опору вузлів тертя абразивному зношенню.

Однак дотепер відсутній єдиний теоретичний обґрунтований підхід до вибору матеріалів пара тертя, що працюють в умовах абразивного зношування, і уявлення про самий процес. Одним із перспективних напрямків є використання дискретних поверхонь. Ідея використання таких поверхонь полягає в тому, що вони представляють собою мікропасти для абразивних часток, які потрапляють у трибосполучення ззовні чи в результаті видалення продуктів зносу контактуючих поверхонь. Вплив розміру абразивних часток на зносостійкість дискретних поверхонь практично не досліджувався, що підтверджує актуальність проведення наукових досліджень в цьому напрямку.

Мета дослідження. Вивчення процесів зношування дискретних поверхонь в умовах абразивного зношування та дослідження впливу розміру абразивних часток на триботехнічні властивості дискретних поверхонь.

Методика досліджень. Дискретні структури наносили на зразки з розмірами 30×30 мм і товщиною 4 мм на спеціально установці [12]. Перед нанесенням дискретних структур зразки шліфувалися до шорсткості $R_z=0,63\pm0,32$ мкм. В якості досліджуваних матеріалів використовували сталь 30ХГСА.

Випробування зразків на абразивне зношування проводили на стандартній установці відповідно з ГОСТ 23.208-79 в умовах нежорсткого закріпленого абразиву в середовищі кварцового піску (SiO_2) зернистістю 180–220 мкм, при швидкості ковзання 0,158 м/с,

навантаженні 44,1 Н, шляху тертя 50 м. Перед випробуванням абразив просували у сушильній шафі при температурі 150° С.

Знос зразків визначали ваговим методом на аналітичних вагах АДВ-200 з точністю до 0,0001 г. До і після випробувань зразки промивали в етиловому спирту, просували і зважували.

Дослідження структури поверхневих шарів зразків проводили на растровому електронному мікроскопі.

Результати досліджень. Експериментальними дослідженнями встановлено, що зі збільшення розміру абразивних часток величина зносу поверхні зразка зменшується (рис. 1). Мінімальним зношуванням володіють дискретні покриття, які працювали в середовищі абразиву з зернистістю 315-300 мкм. Поверхня тертя біля лунок і її внутрішні поверхні характеризуються наявністю значних ділянок пластично-деформованого металу, сформованих під впливом великих розмірів абразивних часток (рис. 2, а, в). За розмірами абразивні частки перевищують розміри лунок, що призвело до значного руйнування контурів лунки (рис. 2, з). Руйнування внутрішніх поверхонь лунок ідентичні і практично не відрізняється одна від одної (рис. 2, д, е). Низькі значення зношування поверхні обумовлені меншою кількістю локальних контактів абразивних часток з поверхнею, у порівнянні з розмірами меншої абразивності.

При зернистості абразиву 50-70 мкм величина зношування зразка становить максимальне значення (див. рис. 1). Фактографічні дослідження зразка показали, що на поверхні тертя біля лунок виявлено велика кількість невеликих за розмірами ракових, борозенок, які виникли після впливу абразивних часток даної зернистості (рис. 3, б, д). На поверхні тертя існує багато абразивних часток, які застрягли в матеріалі зразка (рис. 3, з), а також фрагменти пластичного переддеформованого металу (рис. 3, а, в).

В процесі зношування кількість абразивних часток, які беруть участь у контакті у 3–6 разів більше, у порівнянні з більшою зернистістю. Це супроводжується більшою кількістю виділеною теплотою при локальному контактному нагріванні. Недостатнє відведення теплоти із зони контакту може визвати структурні перетворення які приводять до зниження опору абразивному зношуванню.



Рис. 1. Залежність зношування дискретних поверхонь в умовах абразивного зношування від зернистості абразиву

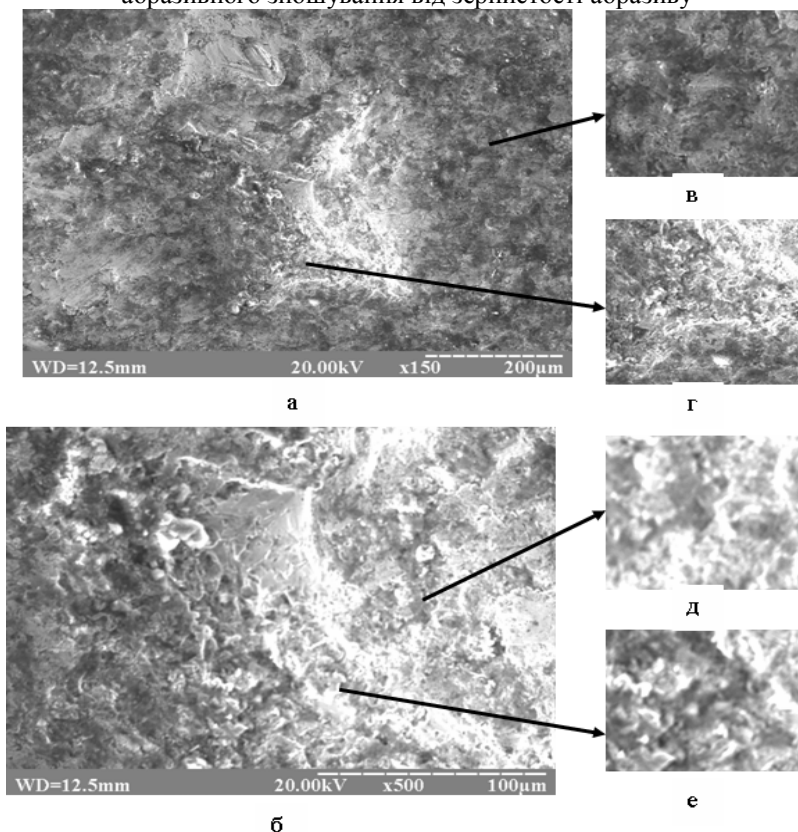


Рис. 2. Мікрофотографія поверхні тертя дискретної поверхні після абразивного зношування (швидкість ковзання 0,158 м/с, навантаження 41,4 Н, X1=190 мкм, X2=230 мкм, X3=1,4 мм, зернистість 315–500 мкм): а – загальний вигляд лунки; б – внутрішні поверхні лунки; в – поверхня тертя біля лунки; г, д, е – внутрішні поверхні лунки

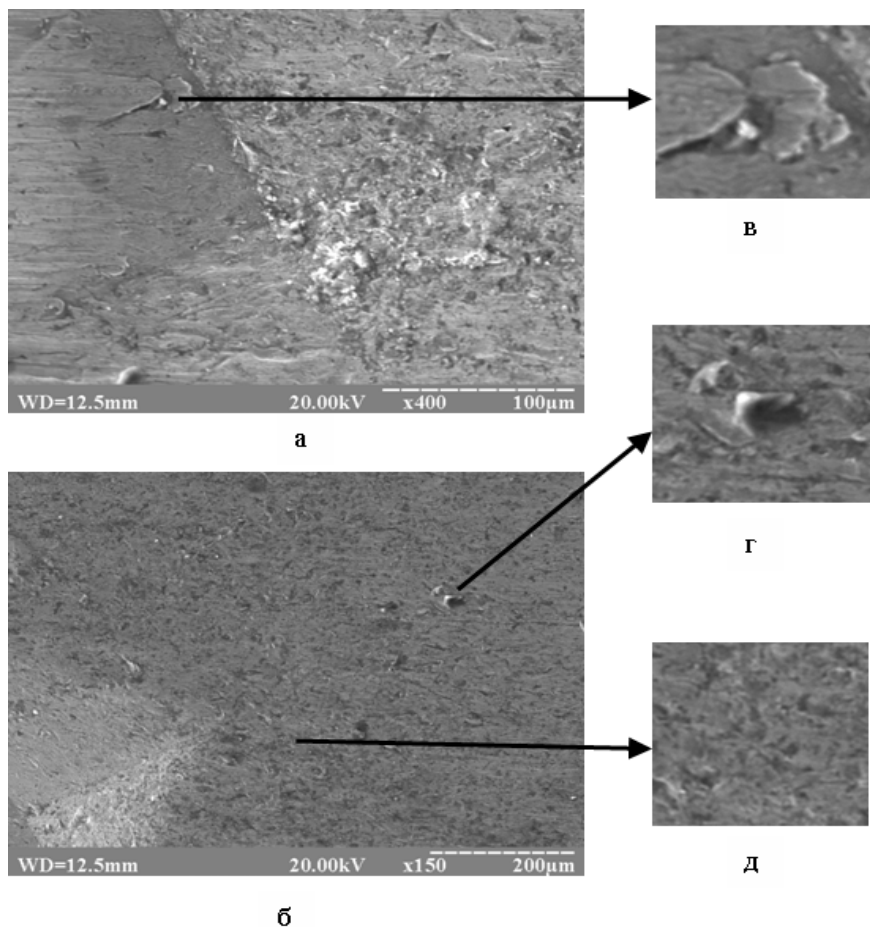


Рис. 3. Мікрофотографія поверхні тертя дискретної поверхні після абразивного зношування (зернистість 50–70 мкм): *а* – загальний вигляд лунки; *б, д* – поверхня тертя біля лунки; *в* – фрагмент пере деформованого металу; *г* – абразивна частка в металі

Таким чином, в результаті експериментальних досліджень встановлено, що зі збільшення розміру абразивних часток величина зносу поверхні зразка зменшується. Низькі значення зношування обумовлені меншою кількістю локальних контактів абразивних часток з поверхнею, у порівнянні з розмірами меншої абразивності.

Список літератури

1. Hawk J. A., Wilson R. D., Danks D. R., Catrpillar M. T. Abrasive wear failures // ASM Handbook. Materials Park, OH, ASM International. – 2002 (11). – P. 906–921.
 2. Bhushan B. Introduction to tribology. – New York: John Wiley & Sons., 2002. – 732 p.
 3. Баходур С. Экономическое значение износа материалов в современном обществе // Проблемы трения и смазки. – 1978. – №2. – С. 1–4.
 4. Шейнман Е.Л. Абразивных износ. Обзор американской печати // Трение и износ. – 2005. – Т. 26. – №1. – С. 100–111.
 5. Хрущев М.М., Бабичев М.А. Абразивное изнашивание. – М.: Изд-во «Наука», 1970. – 252 с.
 6. Виноградов В.Н., Сорокин Г.М., Колокольников М.Г. Абразивное изнашивание. – М.: Машиностроение, 1990. – 224 с.
 7. Венцель С.В. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания. – М.: Химия, 1979. – 237 с.
 8. Икрамов У.А. Расчетные методы оценки абразивного износа. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.
 9. Opalka S. M., Hector L. G., Schmid S. R., Reich R. A., Epp J. M. Boundary additive effect on abrasive wear during single asprity plowing of 3004 aluminum alloy // J. of Tribology. — 1999 (121). – P. 384–393.
 10. De Pellegrin D. V., Stachowiak G. V. Sharpness of abrasive particles and surfaces // Wear. –2004 (256). – №6. – P. 614–622.
 11. Гаркунов Д.Н. Триботехника. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.
 12. Пат. Україна, F01L 1/20, F01L 1/46. Пристрій для утворення на плоскій поверхні тертя рельєфу заглибин, що утримують мастильні матеріали / Марчук В. Є., Шульга І. Ф., Шульга О. І., Плюсін О. Є. (Україна); НАОУ. – № 13762; Заявл. 24.10.2005; Опубл. 17.04.2006. Бюл. №4.
- Марчук В.Е. Влияние зернистости абразива на износостойкость дискретных поверхностей** // Проблеми тертя та зношування: Наук.-техн. зб. – К.: Вид-во НАУ «НАУ-друк», 2010. – Вип. 53. – С. 139–146. Експериментально дослідзовані триботехнічні властивості дискретних поверхностей в умовах абразивного изнашивания. Установлено, що з збільшенням розміра абразивних частинок износостойкість дискретних поверхностей збільшується.

Рис. 3, списо клит.: 12 наим.

Influence of abrasive grittiness on wearproofness of discrete surfaces

Tribotechnics properties of discrete surfaces in the conditions of abrasive wear are experimentally investigated. It is set that with the increase of abrasive particles sizes the wearproofness of discrete surfaces is increased. Nature of discrete surfaces destruction in the conditions of abrasive wear is analysed.

Стаття надійшла до редакції 25.05.10