

УДК 621.891(045)

В. Є. Марчук, канд. техн. наук, доц.

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ДИСКРЕТНИХ ПОВЕРХОНЬ В УМОВАХ ГІДРОАБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ

Національний авіаційний університет

Експериментально досліджено триботехнічні властивості дискретних поверхонь в умовах гідроабразивного зношування. Максимальною зносостійкістю володіє дискретне покриття, додатково піддане іонному азотуванню. Встановлено, що зі збільшення розміру абразивних часток зносостійкість дискретних поверхонь зростає. Виявлено природу руйнування дискретних поверхонь в умовах гідроабразивного зношування.

Загальна постановка проблеми та її зв'язок з науково-практичними задачами. Надійність і довговічність сучасної техніки, в тому числі і авіаційної, залежить від надійної роботи паливної, пневматичної і гідравлічної систем і агрегатів (ППГСА), які працюють в умовах гідроабразивного зношування. Найбільше число відмовлень ППГСА викликано поверхневими фізико-хімічними процесами: зношуванням, корозією, ерозією, кавітацією, а також їхньою спільною дією. Аналіз відмовлень різних видів деталей показав, що їхньою основною причиною є різні види зношування – 65%, корозії – 25%, ерозії і кавітації – більш 5%. Приблизно аналогічна тенденція прояв відмовлень характерна і для ППГСА, які призначені для комплектування хімічних та інших виробництв [1].

Зниження працездатності ППГСА сприяють тверді абразивні частки, що завжди знаходяться в робочому середовищі. Вони викликають утворення на поверхні металу у вигляді подряпин, канавок і заглиблень, значно знижуючи при цьому його втомлені характеристики. У випадку великої швидкості переміщення абразивні частки здатні самі викликати руйнування.

Огляд публікацій і аналіз невирішених проблем. Гідроабразивне зношування є складним, самоналагоджувальним процесом, який залежить перш за все від швидкості абразивних частинок, відношення значень твердості матеріалу і абразиву, концентрації абразивних частинок в рідині. Гідроабразивне зношування визнача-

ється не тільки дією абразивних частинок, але і фізико-хімічними реакціями з рідиною. За певних умов дія рідини може бути такою активною, що гідроабразивне зношування (дія твердих частинок) подавляється кавітацією або корозією. Зазвичай гідроабразивному руйнуванню передують пластична деформація, мікровтомні явища або процеси мікрорізання, на яке накладаються гідравлічні удари бульбашок кавітацій і адсорбційно-корозійні реакції [2].

Вплив наявності води в абразивному середовищі на зносостійкість металевих поверхонь неоднозначний. Так, наприклад, при випробуванні зразків у формі лемеша для різання ґрунтів з різною вологістю встановлено [3], що з підвищенням вологості здатність до зношування п'яти випробуваних ґрунтів зростає до деякого максимального значення, після чого починає різко падати внаслідок переходу ґрунту в пластичний стан. Це свідчить про те, що корозійні процеси, які розвиваються при терті у вологому абразивному середовищі, не є визначальними при зношуванні матеріалів.

Аналогічне явище спостерігалось при дослідженні здатності керамічної маси з різною вологістю [4]. Максимальний знос металевого контртіла досягається при вологості 12–13%, а потім знижується. В роботі [5] відзначається, що властивості водяного середовища не впливають на інтенсивність абразивного зношування сталей для умов закріпленого абразиву, а в дослідженні [6] встановлено, що знос у воді менший, ніж у повітряному середовищі.

До числа основних напрямків підвищення зносостійкості деталей машин і механізмів, що працюють у таких умовах, варто віднести застосування зносостійких матеріалів, нанесення зносостійких покриттів, гумування та ін. Особливу увагу заслуговують методи обробки зміцненням (дискретні поверхні), що відрізняються високою ефективністю й економічністю. Відомі роботи виконані Ю.Г. Шнейдером, Н.С. Фельдманом, Л.А. Бунги, Г.А. Бунги та ін., що показали великі можливості підвищення зносостійкості деталей шляхом створення спеціального рельєфу на поверхні деталей, наприклад, вібронакаткуванням. Все це обумовлює актуальність проведення досліджень дискретних поверхонь в умовах гідроабразивного зношування.

Мета дослідження. Вивчення процесів зношування дискретних покриттів в умовах гідроабразивного зношування та дослі-

дження впливу розміру абразивних часток на триботехнічні властивості дискретних поверхонь.

Матеріали і методи досліджень. Дискретні покриття наносили на зразки зі сталі 30ХГСА з розмірами 30×30 мм і товщиною 4 мм на установці [7]. Перед нанесенням дискретних покриттів зразки шліфувалися до шорсткості $R_a=0,63\pm0,32$ мкм.

Випробування зразків на абразивне зношування у водному середовищі 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 50м. Перед випробуванням абразив просувували 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, просувували і зважували.

Дослідження структури поверхневих шарів зразків проводили на растровому електронному мікроскопі P amScan-4DV.

Результати досліджень. Результати експериментальних досліджень триботехнічних характеристик дискретних поверхонь в умовах гідроабразивного зношування подано на рис. 1. Максимальною зносостійкістю володіють дискретні поверхні, додатково зміцнені іонним азотуванням (30ХГСА+Л+А). У порівнянні з вихідною поверхнею (30ХГСА заг), знос дискретного покриття (30ХГСА+Л+А) зменшується до 3,25 разів. Висока зносостійкість дискретного покриття забезпечується насиченням поверхневого шару поверхні тертя і поверхневого шару лунок азотом у вигляді нітридних шарів, які протидіють активному руйнуванню поверхонь абразивними частками.

Поверхня тертя навколо лункового простору і всередині дискретної ділянки гладка (рис. 2, а). За напрямом руху абразивних часток передня поверхня лунки піддана найбільшому зношенню, спостерігаються наявність борозенок від дії абразивних часток (рис. 2, б). Кількість таких борозенок невелика, у порівнянні з дискретною поверхнею, яка не була зміцнена іонним азотуванням (30ХГСА+Л). Це обумовлено великою твердістю поверхневого шару дискретної поверхні і її здатність протидіяти руйнівним проце-

сам. Крім того, висока твердість поверхневого шару лунок запобігає руйнуванню абразивними частками бокових сторін дискретних ділянок при вилученні їх з поверхні тертя. Наявність лункового простору, рідини забезпечує ефективне відведення тепла з ділянок трибоконтакту. В сукупності всі ці процеси позитивно впливають на трибологічні властивості і забезпечує високу зносостійкість дискретного покриття.

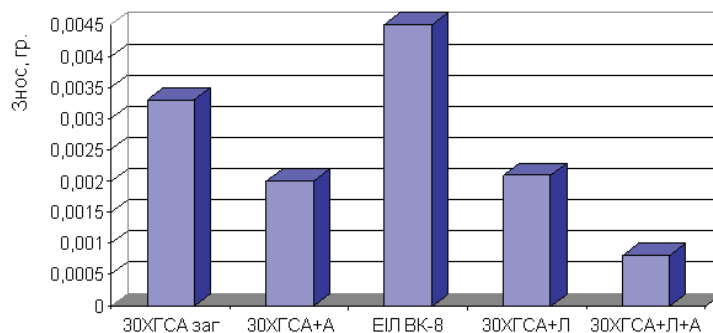


Рис. 1. Величина зношування дискретних поверхонь на сталі 30ХГСА в умовах гідроабразивного зношування (позн.: А – азотована, Л – лунки)

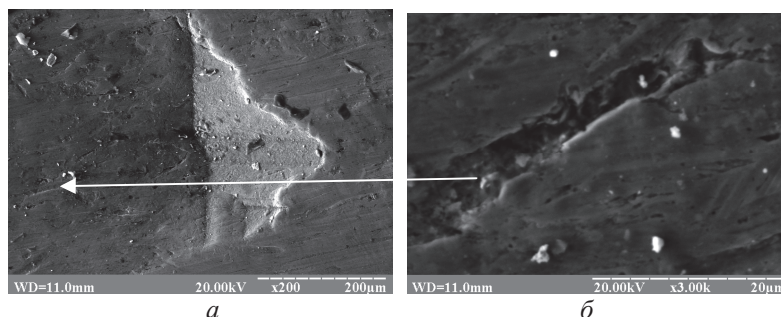


Рис. 2. Мікрофотографії поверхні тертя дискретного покриття 30ХГСА+Л+А після гідроабразивного зношування: *а* – загальний вигляд дискретної ділянки; *б* – борозенка на поверхності дискретної ділянки

Найменшою зносостійкістю в даних умовах володіє електроіскрове покриття ВК–8 (ЕІЛ ВК–8), в у 1,7 разів менше у порівнянні з конструкційною сталлю 30ХГСА (30ХГСА заг).

Як і в умовах абразивного зношування [8], розмір абразивних часток при гідроабразивному зношуванні також суттєво впливає на

зносостійкість дискретних поверхонь. Чим більше розмір абразивних часток, тим менше зношування поверхневого шару трибоконтакту (рис. 3).

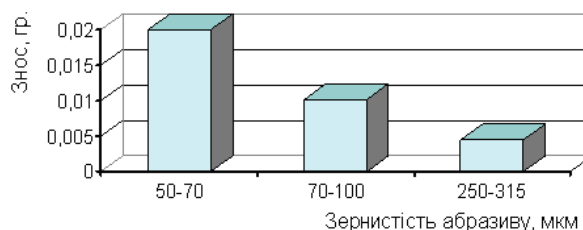


Рис. 3. Залежність зношування дискретних поверхонь (30ХГСА+Л) в умовах гідроабразивного зношування від зернистості абразиву

Поверхні тертя характеризуються наявністю значних ділянок пластично-деформованого металу, сформованих під впливом великих за розмірами абразивних часток (рис. 4). Форма таких ділянок має витягнуту форму за напрямом дії гідроабразивного потоку. Розмір ділянок по довжині складає 10–80 мкм. Ширина залежить від розміру абразивної частки і глибини її втілення в поверхню. Низькі значення зношування поверхні обумовлені меншою кількістю локальних контактів абразивних часток з поверхнею, у порівнянні з розмірами меншої абразивності.

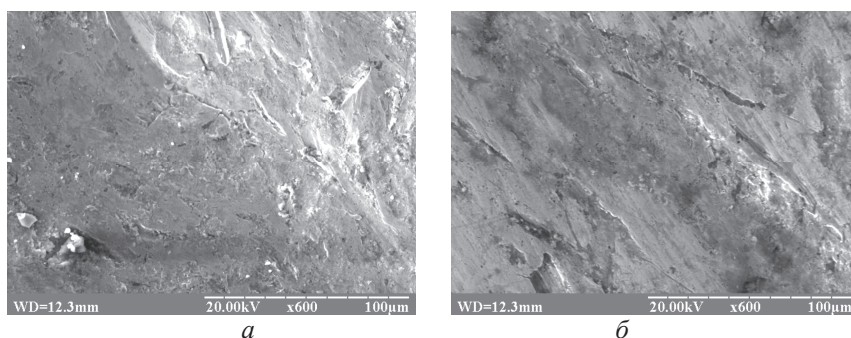


Рис. 4. Мікрофотографія поверхні тертя дискретної поверхні (30ХГСА+Л) після гідроабразивного зношування (зернистість 250-315 мкм): *а* – внутрішні поверхні лунки; *б* – поверхня тертя біля лунок

Зменшення зернистості абразиву призводить до збільшення зносу поверхні тертя (див. рис. 3). На поверхні тертя біля лунок виявлено більшу кількість невеликих за розмірами ділянок у вигляді

ді подряпин, ділянок передеформування, які виникли після впливу абразивних часток зернистості 50–70 мкм.

Висновки. Таким чином, в результаті експериментальних досліджень встановлено, що максимальною зносостійкістю володіє дискретне покриття, додатково зміцнене іонним азотуванням. У порівнянні з вихідною поверхнею, знос дискретного покриття зменшується до 3,25 разів.

Дослідження впливу розміру абразивних часток на зносостійкість дискретних покриттів показало, що збільшення розміру абразивних часток призводить до зменшення величини зносу дискретної поверхні. Низькі значення зношування обумовлені меншою кількістю локальних контактів абразивних часток з поверхнею, у порівнянні з розмірами меншої абразивності.

Список літератури

1. Хильчевский В.В. Надежность трубопроводной пневмогидроарматуры / Хильчевский В.В., Ситников А.Е., Ананьевский В.А. – М.: Машиностроение, 1989. – 208 с.
2. Тененбаум М.М. Сопротивление абразивному изнашиванию / Тененбаум М.М. – М.: Машиностроение, 1976. – 247 с.
3. Васильев С.П. Об изнашивающей способности почв / Васильев С.П., Ермолов Л.С. // Повышение долговечности рабочих деталей почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 1960. – С. 130-141.
4. Барабанщиков Ю.Г. Трение и изнашивающая способность керамической массы / Барабанщиков Ю.Г. //Трение и износ, 2003. – Т.24. - №4. – С. 452-457.
5. Хрущев М.М. Исследование изнашивания металлов / Хрущев М.М., Бабичев М.А. – М.: Изд-во АН СССР, 1960.- 352 с.
6. Зазимко О.В. Закономерности механо-химических процессов при абразивном изнашивании. : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 05.02.04 “Трение и износ в машинах” / Зазимко О.В. – К.: УСХА, 1988. – 20 с.
7. Пат. 13762 Україна, МПК (06) 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., Плюснін О. Є.; заявник та патентовласник Національна академія оборони України. – № u200509981; заявл. 24.10.2005; опубл. 17.04.2006, Бюл. №4.
8. Марчук В.Є. Вплив зернистості абразиву на зносостійкість дискретних поверхонь / Марчук В.Є. //Проблеми тертя та зношування: Наук.-

техн. зб. – К.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту “НАУ-друк”, 2010. – Вип. 53. – С. 139–146.

Ключові слова: дискретна поверхня, гідроабразивне зношування, іонне азотування, лунки, абразивні частки

Марчук В.Е. **Износостойкость дискретных поверхностей в условиях гидроабразивного изнашивания** // Проблемы тертя та зношування: наук.-техн. Зб. – К.: Вид-во НАУ «НАУ-друк», 2011. – Вип. 55. – С.182–188.

Експериментально досліджено триботехнічні властивості дискретних поверхонь в умовах гідроабразивного изнашивания. Максимальної износостійкістю володіє дискретне покриття, упрочнене іонним азотуванням. Встановлено, що при збільшенні розміра абразивних частинок износостійкість дискретних поверхонь збільшується. Досліджена природа руйнування дискретних поверхонь в умовах гідроабразивного изнашивания.

Рис. 4, список лит.: 8 найм.

Marchuk V. **The wearproofness of discrete surfaces in the conditions of hydroabrasive wear**

Tribotechnics properties of discrete surfaces in the conditions of hydroabrasive wear are experimentally investigated. The discrete coverage additionally influenced with the ionic nitrating owns a maximal wearproofness. 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 hydroabrasive wear is analyzed.

Стаття надійшла до редакції 19.01.2011