

Кудрін А.П.Національний авіаційний університет,
м. Київ, Україна
E-mail: tvat_aki@nau.edu.ua**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ
МАТЕРІАЛІВ НАПЛАВОК В УМОВАХ
ГАЗОАБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ**

УДК 621.793:621.892

Наведено методику і установку для дослідження газоабразивного зношування матеріалів з застосуванням методу відцентрового пришвидчення абразивних частинок. Отримані залежності величини зносу конструкційних сталей і ряду матеріалів наплавки від розміру і швидкості руху абразивних частинок. Проаналізовано процеси, що розвиваються на робочих поверхнях матеріалів під дією потоку абразивних частинок і які призводять до зміни інтенсивності руйнування поверхонь при збільшенні розміру і швидкості руху абразивних частинок.

Ключові слова: матеріали наплавки, газоабразивне зношування, методика дослідження, зносостійкість, чинники впливу.

Постановка проблеми та мета дослідження

Проблема забезпечення високої зносостійкості та відновлення зношених деталей під час ремонту є важливою складовою підвищення довговічності і економічної ефективності використання машин. Особливо гостро ця проблема стосується деталей авіаційної техніки, що пов'язано з особливою складністю їх конструкції та винятково важкими умовами експлуатації. Зношування багатьох із них відбуваються під ударною дією твердих частинок абразивного матеріалу, які переміщуються високошвидкісним газоповітряним потоком.

Питання газоабразивного зношування деталей авіаційних конструкцій детально розглянуто в праці [1]. Найбільш яскраво цей вид поверхневого руйнування проявляється на деталях газоповітряного тракту газотурбінних двигунів (ГТД), лопатях гелікоптерів, відкритих для набігаючого потоку повітря елементів конструкції планера і шасі. Інтенсивність газоабразивного зношування за інших рівних умов залежить від твердості та розміру абразивних частинок, їх швидкості в момент удара по поверхні, кута падіння абразивних частинок.

Установлено [2], що зносостійкість технічно чистих металів унаслідок газоабразивного зношування під малим кутом падіння ($< 45^\circ$) абразивних частинок, як і зношування по закріпленому абразиву [3], прямо пропорційна твердості металу. При кутах падіння $> 45^\circ$ така залежність не спостерігається.

При гострих кутах падіння величина ударного імпульсу абразивних частинок нижча, ніж при кутах падіння, близьких до 90° . За такого характеру взаємодії абразивних частинок з матеріалом механізм його руйнування схожий з процесом абразивного мікрорізання.

Для твердих і крихких малопластичних металів найбільш інтенсивне зношування під дією потоку абразивних частинок спостерігається тоді, коли удари їх напрямлені по нормалі до поверхні. Для м'яких і пластичних металів, таких як, наприклад, м'які сталі, алюмінієві та деякі мідні сплави зношування є більш інтенсивним за умов переважної дії тангєльціальних зусиль, тобто коли вектор швидкості абразивних частинок напрямлений під кутом до поверхні деталі [4].

Газоабразивне зношування в початковий період на гладких поверхнях розвивається повільно, а після появи уражених місць може істотно пришвидшуватись. Така закономірність пояснюється підвищенням крихкості пошкодженого поверхневого шару металу у зв'язку з нагромадженням мікротріщин і посиленням ударної дії газоабразивного потоку через значне вихроутворення на пошкодженій поверхні. Складність вивчення цього виду зношування полягає у різноманітності фізичних механізмів, що викликають поверхневе руйнування матеріалу, складеному їх поєднанні, а також у великій кількості зовнішніх і внутрішніх факторів, що впливають на характер і форми прояву пошкоджуваності деталей. На сьогодні одним із перспективних способів захисту робочих поверхонь деталей від газоабразивного зношування і їх відновлення при ремонті є наплавлення зносостійких матеріалів. Враховуючи специфіку газоабразивного зношування, вибір матеріалів наплавки потребує комплексної оцінки їх зносостійкості в умовах, наближених до умов роботи реальних деталей. У зв'язку з цим, метою даної роботи було встановлення закономірностей впливу розміру і швидкості руху абразивних частинок на газоабразивну зносостійкість ряду матеріалів наплавки, що застосовуються для відновлення зношених деталей газоповітряного тракту ГТД, у порівнянні з конструкційними сталями.

Матеріали і методика дослідження

Дослідження проводиться на наступних матеріалах: сталь 45, піддана загартуванню та низькотемпературному відпалу, нержавіюча сталь X18N10T, наплавочні матеріали ЕП – 893, И – 125 (інконель), ЕП – 367 та ЖС 6К.

Для відтворення умов газоабразивного зношування застосовувалась спеціально сконструйована установка з відцентрованим пришвидчувачем абразивних частинок (рис. 1). Відцентрований пришвидчувач 5 встановлено на осі верхнього двигуна 3, а на осі двигуна 9 – диск 7, на якому закріплюються зразки 6. В радіальні канали ротора пришвидшувача з бункера 4 надходить абразивний матеріал, який під дією відцентрових сил викидається з ротора і ударяється об поверхню закріплених навкруги нього зразків. Відцентрований пришвидчувач і диск із зразками розташовані в камері 8, виготовленої із нержавіючої сталі з кришкою з органічного скла для спостереження за ходом експерименту. Швидкість руху абразивних частинок регулюється обертами електродвигуна 3 за допомогою трансформатора 2. Контроль швидкості обертання відцентрованого пришвидчувача і диска з зразками здійснюється строботометром 1.

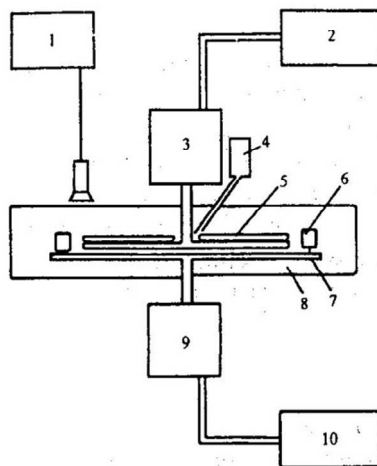


Рис. 1 – Принципіальна схема установки для випробовування матеріалів в умовах газоабразивного зношування:
 1 – строботометр; 2 – трансформатор;
 3 – електродвигун змінного струму;
 4 – дозатор; 5 – пришвидчувач; 6 – зразок;
 7 – диск; 8 – камера; 9 – двигун постійного струму; 10 – джерело живлення

Як абразивний матеріал використовували кварцевий пісок зернистістю $A = 03 \dots 09$ ммк, з відносним вмістом води не більше 0,15 %. В кожній серії дослідів в дозатор засипалась однакова кількість абразивного матеріалу, яка складала 500 г. Всі випробовування проводились при однаковому куту атаки. Знос зразків визнали ваговим методом на аналітичних вагах з похибкою не більше 0,1 мг.

Результати дослідження та їх аналіз

Параметри зовнішнього механічного впливу – розмір та швидкість руху абразивних частинок – складають головну групу чинників, що визначають інтенсивність руйнування металевих поверхонь при газоабразивному зношуванні.

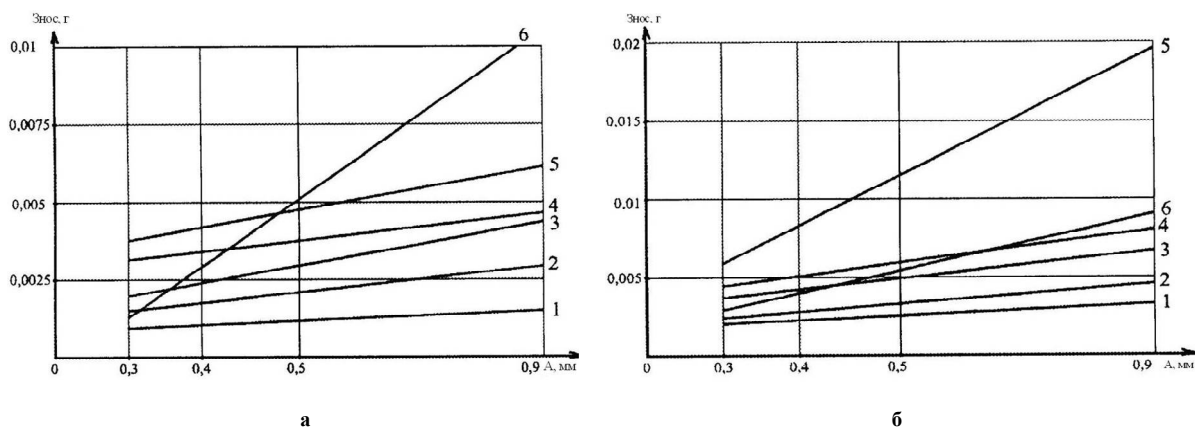


Рис. 2 – Залежність вагового зносу від розміру абразивних частинок:
 1 – ЭП – 367; 2 – ЭИ – 893; 3 – ЖС 6К;
 4 – И – 125; 5 – сталь X18H10T; 6 – сталь 45 заготовка;
 а – $V = 38$ м/с; б – $V = 76$ м/с

Зміна розміру і швидкості руху абразивних частинок обумовлює зміну їх кінетичної енергії, площі фактичного контакту з поверхнею і глибини поверхневого шару матеріалу, що приймає участь у процесах контактної взаємодії з абразивом, а також умови надходження зовнішнього гарового середовища в зону контакту.

На рис. 2, а, б подано графіки залежності вагового зносу досліджуваних матеріалів від розміру абразивних частинок, отримані відповідно при заданій швидкості їх руху $V = 38 \text{ м/с}$ і $V = 76 \text{ м/с}$. Аналіз отриманих залежностей показує, що за прийнятих швидкостей руху абразивних частинок знос як матеріалів наплавок, так і конструкційних сталей зростає прямопропорційно розміру абразивних частинок. В той же час, інтенсивність зростання зносу з ростом розміру абразивних частинок для різних матеріалів не однакова і залежить від швидкості їх руху. При $V = 38 \text{ м/с}$ найбільш чутливою до зміни розміру абразивних частинок є загартована сталь 45, а при $V = 78 \text{ м/с}$ – сталь Х18 Н10Т. За прийнятих умов випробовувань найменшу залежність зносостійкості від розміру абразивних частинок виявив матеріал наплавки ЕП - 367.

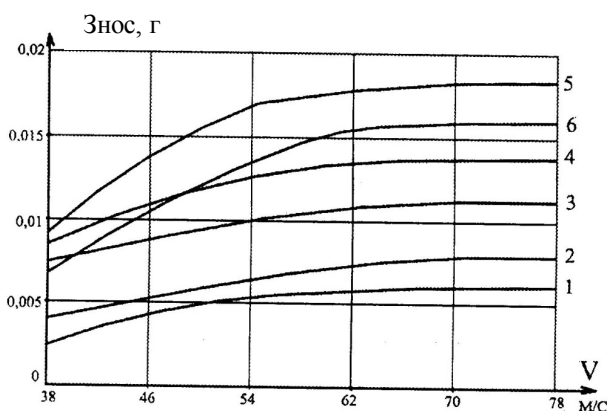


Рис. 3 – Залежність вагового зносу від швидкості руху абразивних частинок:
1 – ЕП – 367; 2 – ЕП – 893; 3 – ЖС 6 К;
4 – И -125; 5 – сталь Х18 Н10Т;
6 – сталь 45 загартована. ($A = 0,5 \text{ мм}$.)

найбільш інтенсивно зростає в діапазоні швидкостей від 38 м/с до 60 м/с після чого практично стабілізується. Нерівномірність зростання зносу із збільшенням швидкості руху абразивних частинок свідчить про те, що з її збільшенням відбувається зміна провідних процесів, які відповідають за руйнування матеріалів при газоабразивному зношуванні. Очевидно, що при швидкостях відповідних більш значному зростанню зносу розвиваються переважно втомлювально-окислювальні процеси. Зниження інтенсивності зростання зносу при швидкостях, більш за 60 м/с , пов'язано з ускладненням доступу в зону контакту абразивних частинок з поверхнею матеріалу газового середовища, що призводить до зменшення інтенсивності втомлювально - окислювального зношування і інтенсифікації процесів схоплення.

Зі збільшенням швидкості руху абразивних частинок закономірно очікувати збільшення площі контакту їх з поверхнею матеріалу та відповідно збільшення площі вузлів схоплення. При цьому дотичні напруження, що діють на кожен вузол схоплення зменшуються, в результаті чого зростає тривалість їх життя, що і призводить до зниження інтенсивності зростання зносу при досягненні критичної швидкості руху абразивних частинок.

Висновки

Таким чином, проведені дослідження показали, що інтенсивність газоабразивного зношування як конструкційних сталей, так і матеріалів наплавок значною мірою залежить від розміру і швидкості руху абразивних частинок. При цьому у всьому досліджуваному діапазоні розмірів і швидкостей руху абразивних частинок найбільш високу зносостійкість має матеріал наплавки ЕП – 367, знос якого за найбільш жорстких мов дії потоку абразивних частинок ($A = 0,9 \text{ мм}$, $V = 78 \text{ м/с}$) на порядок нижчий ніж у високоміцної загартованої сталі 45.

Література

1. Крылов К.А. Долговечность узлов трения самолетов /К.А. Крылов, М.Е. Хаймзон – М.: Транспорт. – 1976. – 183с.
2. Тадальдер Ю.А. Об изнашивании технически чистых металлов в абразивной среде: автореф дис. канд. техн. наук: спец. 05.02.04 «Трение и износ в машинах» / Ю.А. Тадальдер. – Таллин, 1966. – 34с.
3. Хрущев М.М. Исследование изнашивания металлов /М.М. Хрущев, М.А. Бабичев – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 350с.
4. Кошечев В.Н. Разрушение поверхности материалов в зависимости от угла удара абразивной части / В.Н. Кошечев // ЖТФ. – 1955. ТХХV. – Вып. 13. – С. 2365-2368.

Надійшла в редакцію 04.09.2015

Kudrin A. P. Wear resistance research of the weld deposit materials under gas abrasive wear.

The method and installation for research of the gas abrasive wear of the materials using the centrifugal method of acceleration of abrasive particles is described. Dependence of structural steels wear and number of materials of weld deposit on the size and speed of the abrasive particles has been obtained. The processes developing on the working surfaces of materials under the action of abrasive particles and processes which lead to a change in the intensity of destruction of surfaces with size increasing and speed of the abrasive particles has been analyzed.

Key words: weld deposit materials, gas abrasive wear, research methodology, wear resistance, impact factors.

References

1. Krylov K.A, Hajmnzon M.E. Dolgovechnost' uzlov trenija samoletov. M. Transport. 1976. 183s.
2. Tadal'der Ju.A. Ob iznashivanii tehlicheski chistyh metallov v abrazivnoj srede: avto-ref dis. kand. tehn. nauk: spec. 05.02.04 «Trenie i iznos v mashinah». Tallin, 1966. 34s.
3. Hrushhev M.M., Babichev M.A. Issledovanie iznashivaniya metallov. M. Izd-vo AN SSSR, 1960. 350s.
4. Koshheev V.N. Razrushenie poverhnosti materialov v zavisimosti ot ugla udara abrazivnoj chasti. ZhTF. 1955. THHV. Vyp. 13. S. 2365-2368.