

УДК 621.891

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ КЛАПАНІВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

А.М. Євдокимова, докт. техн. наук, **О.В. Семко**, студент магістратури
Одеський державний аграрний університет

Показано, що шляхом застосування високошвидкісного знакозмінного деформування тертям ущільнювальних пасків ДВС можна збільшувати їхню зносостійкість до декількох раз.

Ключові слова: клапана, зміцнення, зносостійкість, метод, тертя.

Вступ. Раніше було показано, що утворення вторинних структур при високих швидкостях тертя ковзання може бути інтенсифіковано шляхом генерування знакозмінних деформацій зсуву. При цьому виявилось, що за певних умов виникають білі шари, якість яких при знакозмінному генеруванні деформацій зсуву виявляється вищою, ніж при односпрямованому. До таких якостей належить підвищена твердість, глибина розповсюдження від поверхні, підвищена температурна стійкість, корозійна стійкість та зносостійкість. Причому зносостійкість виявилася більш високою не тільки для звичайних умов сухого тертя або тертя за наявності мастил, але й у середовищі з наявністю абразиву.

Мета досліджень. Метою справжньої роботи є показати можливість застосування знакозмінного деформування тертям робочих пасків клапанів ДВС для підвищення їх зносостійкості.

Результати досліджень. Для доказу поставленої мети були здійснені експерименти, результати яких представлені нижче. Певну складність представляла розробка методики проведення експериментів. Справа в тому, що здійснення порівнянних умов односпрямованого й знакозмінного тертя методом елементарних циклів із зупинкою, розгоном і вибігом у кожному циклі здійснимо тільки при малих швидкостях при швидкій зупинці. При високих швидкостях тертя до 100 м/с деформуючі диски з великою масою зупинити швидко не представляється можливим. Крім того, зменшення швидкості ковзання до нульовий суттєво впливає на умови тертя, так само як і наступний розгін дисків. Виходячи із цих міркувань була здійснена оригінальна методика. Принципова схема обраного вузла тертя установки показана на рис 1. Для здійснення однобічного тертя диски 1 і 2 повинні обертатися в протилежні сторони, а для створення реверсивного тертя дискам слід задати обертання в ту саму сторону. Тоді робочі торцеві поверхні зразків 3 будуть зазнати ідентичним умовам однобічного або реверсивного тертя. Кінематична схема установки, що дозволяє проводити випробування зразків при порівнянних між собою умовах однобічного й реверсивного тертя при високих швидкостях ковзання показана на рис. 2. На масивній зварений станіні перебувають рухливі супорти 2, на кожному з яких закріплені високошвидкісні голівки 6, двоступінчасті клинопасові передачі 3 і електродвигуни 4. Обое супорта мо-

жуть переміщатися вручну або під дією вантажів при обертанні гвинтових кулькових пар 12. На осях високошвидкісних голівок закріплені сталеві диски 7 діаметром 300 мм кожний. На спеціальному кронштейні 9 нерухомо прикріпленому до станини перебуває обладнання для визначення сили або моменту тертя 11. Воно складається із двигуна 10 постійного струму з редуктором, закріплених у спеціальному підшипниковому вузлі із пружними елементами й вимірником деформації. На шпинделі редуктора закріплюється досліджуваний зразок 8, який своєю торцевою поверхнею може притискатися до обертювх дисків 7.

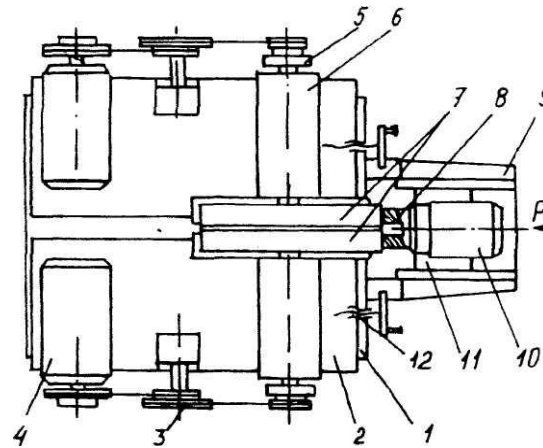


Рис. 1. Принципова схема установки для генерування зсувних деформацій при високошвидкісному терті одним або двома дисками. 1- основа; 2- рухоме плато; 3- ремінна передача; 4- електродвигун; 5- улаштування для виміру моменту тертя; 6-шпиндельна голівка; 7 - диски; 8 - зразок; 9 - кронштейн; 10 - електродвигун з редуктором; 11- полозок і обладнання для виміру моменту тертя; 12 - гвинтова передача.

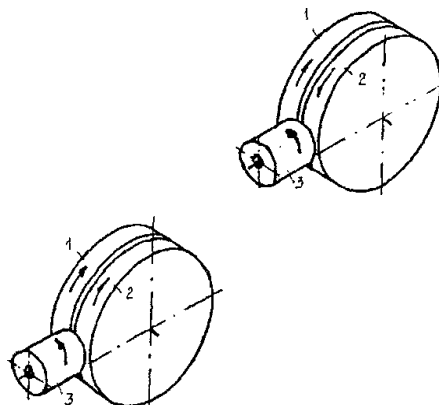


Рис. 2. Метод здійснення однобічного (а) і реверсивного (б) високошвидкісного тертя 1,2 - диски ; 3- випробовуваний зразок.

На кожному з високошвидкісних шпинделів перебувало обладнання 5 для визначення моменту тертя диска по зразку 8. Воно являє собою шків, що сидить на підшипнику у внутрішнє кільце якого запресована втулка, між втулкою й шківом установлені пружні елементи. Шків може провертатися на деякий кут відносно втулки із пружними елементами. Кут повороту залежить від

моменту тертя диска про деталь. Тому що шків зі шпинделем одержує за допомогою ремінної передачі від електродвигуна високі обороти, то дня виміру кута повороту зовнішньої поверхні шківна щодо втулки із пружними елементами, безпосередньо осадженої через шпонку на шпиндель застосована схема, що дозволяє визначити зрушення фаз. Для цього на шківі й втулці закріплені металеві язички, які при обертанні шпинделя проходять повз полюси постійних магнітів із багатовитковими котушками від головних телефонів. У кожній котушці генерується імпульс. При рівномірнім обертанні шківна з диском без тертя про зразок язички проходять одночасно повз полюси магнітів у результаті чого генеруються два електричні сигнали без зрушення фаз. При наявності тертя диска про зразок відбувається неузгодженість сигналів через зростаючий кут повороту язичків відносно один одного, що й фіксується електронним фазометром. По величині зрушення фаз визначаємо момент тертя кожного диска про зразок. При знятті фіксатора силовимірвальне обладнання 11 разом зі шпинделем і зразком під дією вантажів пересувається на полозку убік обертювх дисків 7 рис.2. Таким чином, навантаження при високошвидкісній терті може здійснюватися при пересуванні зразка до обертювх дисків або при русі самих дисків до зразка при нерухливому полозку. За допомогою спеціального пульта керування диском і зразку задається однобічне обертання в будь-яку сторону. При високошвидкісній терті обоє диска одночасно впливають на торцеву поверхню обертювого зразка. Робота на установці проводилася в наступній послідовності. Спочатку на малому шпинделі, установленому на втулці на двох підшипниках за допомогою накидної гайки міцно закріплювався випробуваний зразок. Потім двома штурвалами до цього зразка підводили до здійснення контакту диски тертя. Підведення здійснювалося з віджимом супорта зі зразком від упору. Після чого спеціальним маховичком із завзятим гвинтом зразок приділявся від поверхні дисків на кілька міліметрів. Завершенням цієї операції проводилося включення моторів для обертання зразка й двох дисків. По закінченню розгону дисків обертанням маховичка у зворотню сторону досягалося зближення зразка з дисками й тертя із заданим нормальним навантаженням. Нормальне навантаження забезпечувалося гирями, які закріплювалися на підвісі з тильної сторони установки. Час тертя контролювався по секундоміру. Після закінчення заданого часу, зразок швидко приділявся від обертювх дисків після чого натискалися три двигуни, що зупиняють, кнопки. Вибіг дисків до зупинки був у плинні декількох хвилин. За допомогою змінних шківів і проміжної опори зі шківнами установка дозволяє здійснювати швидкості від 20 до 150 м/с за допомогою кожного трифазного двигуна 7 кВт. Резерв швидкостей, які допускає установка призначений для розширення її можливостей, що було використано в ряді експериментів. Для проведення досліджень по шліфуванню фрикційні диски на цій установці замінялися абразивними колами. У деяких серіях досвіду по шліфуванню фрикційні диски залишалися сталевими, але зразок виконувався з абразивної голівки із проточкою відповідного бурту для кріплення на шпинделі установки за аналогією зі зразками для випробувань на тертя. Результати досліджень. Використовуючи описану вище методику, були

здійснені експерименти по зміцненню тертям робочих поверхонь шляхом виміру мікротвердості поверхневих і глибоких шарів. Інакше змінюється поверхнева мікротвердість сталевих зразків. З рис. 3 видно, що з ростом часу випробувань поверхнева твердість зразків зі сталі 60 збільшується до певного межі, тоді як для бронзи вона зменшується. Важливо відзначити, що значення мікротвердості досягає значних величин, більших для умов реверсивного тертя /крива 2/, чому для однобічного /крива 1/. Досягнувши своїх граничних величин, мікротвердість із подальшим збільшенням часу випробувань починає зменшуватися.

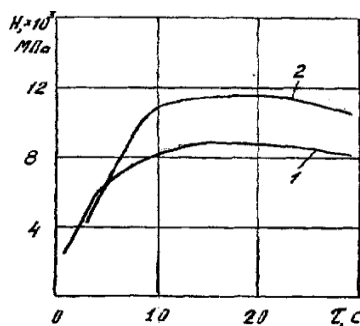


Рис. 3. Вплив часу й реверсивності тертя на мікротвердість робочої поверхні зразків зі сталі 60 (70 м/с; 100 н). Криві: 1,2 - однобічне й реверсивне тертя.

На рис. 3 це зниження настає після 40-50 с тертя, що очевидно пов'язане зі збільшенням об'ємних температур і протіканням процесу відпустки. Висока мікротвердість поверхневих шарів свідчить про утвор білих шарів. Їхня поверхнева мікротвердість, що має більш високі значення для реверсивного тертя, пояснює й знижене зношування в порівнянні з однобічним тертям. У початковій же стадії випробувань мікротвердість поверхонь однобічного й реверсивного тертя практично однакова, але навіть спостерігається трохи занижені її значення для умов реверсивного тертя (рис. 3). Більша величина мікротвердості поверхні тертя для випадку реверсивного тертя в порівнянні з однобічним була встановлена й для інших сталей. Вистава про це дає табл. 1, де наведені значення мікротвердості для випробуваної сталі залежно від часу тертя й реверсивності ковзання. Для кожного часу випробувань є дві графи - верхня відповідає значенням мікротвердості, отриманих безпосередньо з поверхонь тертя без попереднього їхнього зачищення від окислів і інших плівок. Нижня графа відповідає значенням мікротвердості після видалення шкуркою поверхневих плівок, що утворювалися в результаті тертя зразків без змащення. Порівняння даних по графах свідчить, що під поверхневою плівкою перебуває більш твердий шар, що ставиться для однобічного й реверсивного тертя й до різної тривалості випробувань. У даних досвідах товщина плівок не вимірюлася, а просто проводилося її легке видалення типу зачищення. Але незважаючи на це при порівнянні даних вертикальних стовпців табл. 1 чітко виявляється закономірність більш високого зміцнення поверхонь після реверсивного тертя, ніж після однобічного. Видне також, що при великий трива-

лості високошвидкісного тертя 90 с відбувається істотне зниження величини зміцнення як для однобічного так і для реверсивного тертя, хоча мікротвердість залишається ще досить високої. Наведені на рис. 3 і в табл. 1 дані свідчать про взаємозв'язок реверсивного тертя, величини зміцнення поверхневих шарів і зносів.

Таблиця 1. Вплив часу й реверсивності високошвидкісного тертя на поверхневу й підповерхову мікротвердість сталі 45. Навантаження 100 Н (Н, МПа).

Час, с	Місце виміру	Однобічне тертя	Реверсивне тертя
10	на поверхні	7100	7800
	під поверхневим шаром	9700	11500
40	на поверхні	5900	7300
	під поверхневим шаром	8300	10500
90	на поверхні	4800	7000
	під поверхневим шаром	7500	9700

Таблиця 2. Вплив реверсивності високошвидкісного тертя й змащення на мікротвердість загартованої сталі 45.

№/ №	Умови обробки поверхні тертя	Мікротвердість, МПа	
		Але	Нр
1	Нанесення рельєфу, загартування, швидкісне тертя, 15 с.	9500	11100
2	Нанесення рельєфу, загартування, змащення ($ZnCl_2$ +спл. + Графіть) швидкісне тертя, 15 с.	2700	2400
3	Нанесення рельєфу, загартування, швидкісне тертя, змащення ($J+S+Cb$), 15 с.	2300	2000

Вплив однобічного й реверсивного тертя на характер зміни мікротвердості по глибині від поверхні тертя для зразків зі сталі 45 при їхньому однобічному і реверсивним ковзанні без змащення з різною тривалістю високошвидкісного тертя показане на рис. 4 і 5. Розподіл мікротвердості по глибині зразків по-різному для умов однобічного й реверсивного тертя при тривалості випробувань 10 з, що видно з рис. 4. Як випливає із рисунка, глибина зміцненої зони з досить високими значеннями мікротвердості порядку 11-11,5-10 Мпа для умови реверсивного тертя /крива 2/ поширюється на більшу глибину, чому при однобічному терті /крива 1/. Крім того, однобічне тертя забезпечує й

меншу величину зміцнення. На цю важливу обставину слід звернути особливу увагу, так при порівняннях між собою умовах однобічного й реверсивного тертя, таких як швидкість, навантаження, час, реверсивне тертя забезпечує більш високі значення зміцнення з більшою глибиною його поширення від робочої поверхні. Збільшення часу випробувань до 40 з у цілому картину не змінює /рис. 5/ - під поверхнею після реверсивного тертя перебуває більш протяжна зона з підвищеними значеннями мікротвердості /крива 2/, у порівнянні з однобічним /крива 1/. При цьому, однак, спостерігається деяке зменшення величини зміцнюючого ефекту одночасно для однобічного й реверсивного тертя. Ділянки кривих 1,2, що характеризують величину зміцнення під поверхнею тертя при тривалості ковзання 40 с, лежать трохи нижче кривих 1,2 на рис.4.

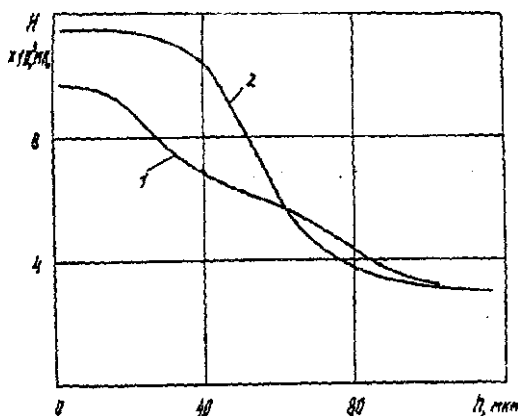


Рис. 4. Зміна мікротвердості по глибині в зразках зі сталі 45 після високошвидкісного тертя без змащення. Тертя 10 с, навантаження 100 Н.

Криві: 1 - однобічне тертя; 2 - реверсивне тертя.

Якщо використовувати високошвидкісне тертя в якості зміцнюючої обробки, то можна одержати підвищення зносостійкості сталей. Це видно з даних табл. 3, з яких випливає істотне зменшення зношування зразків після знакозмінного зміцнення тертям. Усі ці позитивні результати дозволяють запропонувати для практичного застосування метод зміцнення ущільнюючих

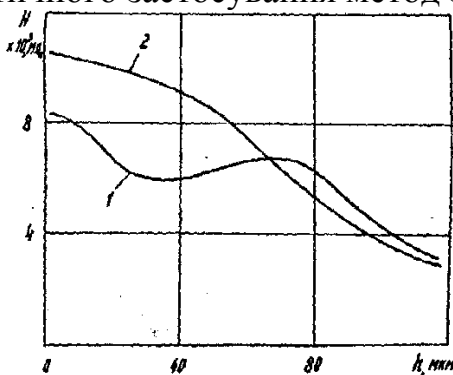


Рис. 5. Зміна мікротвердості по глибині в образках зі сталі 45 після високошвидкісного однобічного (1) і реверсивного (2) тертя без змащення. Тертя 40 с, навантаження 100 Н.

поясків клапанів двигунів внутрішнього згорання. Схема установки наведена на рис. 6. Клапан 1 закріплюється у цанговому затискачі 2 установки і отримує обертальний рух з малою швидкістю.

Таблиця 3. Вплив попередньої обробки високошвидкісним тертям сталевих зразків на їхнє зношування й коефіцієнт тертя при випробуванні в маслі АС-8 у парі з еталонним зразком з азотованої сталі 38Х2МЮА (швидкість 1,5 м/с, навантаження 600 Н).

№ п/п	Матеріал зразка	Зразки без попередньої обробки		Зразки після обробки, 30 с			
				Односпрямоване		Знакозмінне	
		Q	f	Q	f	Q	f
1	Ст.45(відпалена)	137/95	0,07	75/82	0,07	55/70	0,06
2	Ст. 45 (загартована)	82,2/70	0,09	41,2/62	0,05	24,7/40	0,04
3	Ст3(цементована без загартування)	75,4/76	0,08	33,9/47	0,06	21,0/32	0,05
4	38Х2МЮА (азотована)	48/48	0,09	31,2/40	0,07	24,0/35	0,06

До робочого пояса клапану притискаються з двох боків два диски, здатних обертатися з високою швидкістю понад 70 і більше метрів на секунду. Ці диски розгорнуті під кутом так, щоб дотримати конусності робочого пояса клапану. Кожний диск 3, 4 установки має самостійний привід від електродвигунів 5, 6. Притискання клапана до двох дисків здійснюється за допомогою п'ятки та обертального центру 7 у напрямку осі. Притискання може здійснюватися за допомогою вантажу або через мікрометричну подачу. Напрямок обертання дисків 3, 4 вибирається з урахуванням генерування знакозмінних деформацій зсуву. Для кожного конкретного випадку добирається найбільш оптимальний режим обробки. Однак загальним характерним фактором є малий машинний час, який лежить у межах 10-20 с. Проведені експерименти

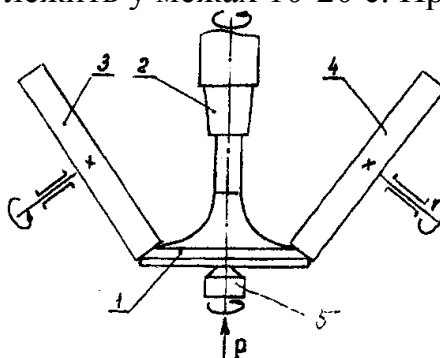


Рис. 6. Схема улаштування для фрикційного високошвидкісного зміцнення конічних поверхонь зразків та клапанів ДВЗ. 1 - клапан, зразок; 2 - супорт; 3 - цанговий затискач та мотор-редуктор; 4 - затискний підп'ятник; 5,6 - фрикційні диски з незалежним обертанням.

показали ефективність пропонованого методу та можливість рекомендувати його для практичного застосування.

Висновки. Розкриті наукові закономірності по впливу зсувних деформацій при високошвидкісному терті на властивості поверхневих шарів металевих сплавів дозволяють практично них використовувати: безпосередньо для підвищення триботехнічних характеристик вузлів тертя при високих швидкостях

ковзання із самозміцненням у процесі високошвидкісного тертя; для інтенсифікації зміцнюючих ефектів у технологічних процесах, спрямованих для підвищення терміну служби робочих поверхонь деталей машин. Деформування при високошвидкісному терті пропонується використовувати як прогресивний метод зміцнюючої технології для підвищення зносостійкості, навантажувальній здатності і температурній стійкості робочих поверхонь деталей машин. На прикладі випускних клапанів двигунів внутрішнього згоряння показана ефективність такого методу обробки, що пройшов експериментальну перевірку в лабораторних умовах і на декількох двигунах вантажних автомобілів і показав збільшення зносостійкості в кілька разів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машинах. -К.:Техніка, 1970.-396 с.
2. Власов В.М. Работоспособность упрочненных трущихся поверхностей. - М. : Машиностроение, 1987.- 304 с.
3. Упрочнение стали механической обработкой /Г.В. Карпенко, Ю.И. Бабей, И.В. Карпенко, Э.В. Гутман.- К.: Наукова думка, 1966.-202 с.
4. Бабей Ю.И., Сорунюк Н.Г. Защита стали от коррозионно-механического разрушения.- Киев : Техніка, 1981.- 125 с.
5. Гурей В.М., Дуцяк З.Г., Любимов В.Г. Фрикционно-упрочняющая обработка деталей из серого чугуна //Вестник машиностроения.- 1981.- № 3.- С. 63-65.
6. Евдокимова А.Н. Знакопеременное высокоскоростное трение и его технологические возможности. –Киев-Одесса УМАОИ, 1997.-210 с.
7. Евдокимова А.Н. Упрочнение клапанов двигателей внутреннего сгорания // СТИН.-1998.-№4.-С.56-61.

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КЛАПАНОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО ЗГОРАНИЯ

Евдокимова А.Н., Семко О.В.

Ключевые слова: клапан, упрочнение, износостойкость, метод, трение.

Резюме

Показано, что путем использования высокоскоростного знакопеременного деформирования трением уплотняющих поясков ДВС можно увеличить их износостойкость в несколько раз.

INCREASE DURABILITY VALVES ENGINES INTERNAL

Evdokimova A.N., Semko O.V.

Key words: hardening, wear resistance, a method, friction.

Summary

It is shown, that by use of high-speed sign-variable deformation by friction condensing DBC it is possible to increase their wear resistance in some times.