

Література

1. Грицюк О.В. Новий напрямок у дизелебудуванні України / О.В. Грицюк, І.В. Парсаданов, О.А. Мотора // Двигуни внутрішнього згорання. – Харків: НТУ "ХПІ", 2011 – №1. - С.48-53.
2. Техніко-економічне обґрунтування необхідності державної підтримки у виконанні інноваційно-інвестиційного проекту: Розроблення та впровадження у виробництво малолітражного автомобільного дизеля потужністю 100÷175 к.с. подвійного призначення (Слобожанський дизель): монографія / Ф.І. Абрамчук, С.О. Альохін, М.Л.Белов та ін.: за ред. Ф.І. Абрамчука, О.В. Грицюка, І.А. Дмитрієва. – Харків : ХНАДУ, 2012. – 164с.
3. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є.,Тимченко І.І. Автомобільні двигуни: Підруч. для студентів спец. “Автомобілі та автомобільне господарство” вищ. навч. закладів. – К.: Арістей, 2004. –438 с.
4. Дяченко В.Г. Теорія двигунів внутрішнього згорання. Підручник для студентів вищих навчальних закладів / В.Г. Дяченко ХНАДУ. – Харків: ХНАДУ, 2009. – 500 с.

ПІДВИЩЕННЯ ПІСЛЯРЕМОНТНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Дощечкіна Ірина Василівна, канд. техн. наук, професор каф. ТКМ та М,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: divkhadi@ukr.net, ORCID: [0000-0002-6278-7780](https://orcid.org/0000-0002-6278-7780)

Дуліч Дарина Владиславівна, магістр,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: dara2001200219@gmail.com

Як відомо, одним із найважливіших факторів, що обумовлює довговічність і термін експлуатації різних конструкційних елементів машин, є стан їх поверхні, який визначає службові характеристики в умовах тертя і зношування, дії циклічних навантажень, впливу агресивних середовищ. Згідно з сучасними поглядами вільна поверхня є видом плоского дефекту в кристалі і має суттєвий вплив на деформування та руйнування виробу в цілому.

Численні дослідження показують, що до 70 - 80% передчасного виходу з ладу агрегатів обумовлені зносом, і майже половина відмов припадає на долю двигуна, а саме на деталі циліндро-поршневої групи та кривошипно-шатунного механізму [1].

Ремонтні роботи з усунення відмов деталей потребують значних фінансових та трудових витрат і при цьому не завжди задовольняються технічні вимоги до післяремонтного ресурсу, який має бути не нижчим за 80 % від ресурсу нового виробу. Тому підвищення довговічності деталей після ремонту при найменших витратах є актуальним питанням.

Оскільки довговічність трибологічних сполучень, при всіх інших рівних умовах, значною мірою визначається станом поверхонь тертя, то використовуються різні технологічні методи підвищення їх якості і зносостійкості - ефект-роіскрове легування, іонно-плазмові покриття, напилення покриттів з порошкових матеріалів та ін. Всі ці заходи досягають певної ефективності, однак потребують спеціального обладнання. Суттєвих енергетичних затрат, що суттєво впливає на вартість ремонту.

Значна кількість деталей основних конструктивних вузлів ДВЗ піддаються постійним циклічним навантаженням і працюють в умовах втоми, та і знос має втомну природу, то цілком доцільно приділити увагу також питанню підвищення втомної міцності, як ще одному критерію довговічності.

Метою даної роботи є збільшення післяремонтного ресурсу деталей ДВЗ шляхом застосування сучасної нанотехнології епіламування робочих поверхонь.

Для досягнення мети передбачене виконання наступних завдань:

- дослідити зміни стану поверхні після епіламування (ЕП);
- визначити вплив епіламування на зносостійкість спряжених деталей;
- визначити вплив епіламування на підвищення циклічної довговічності виробів.

Останнім часом епіламування займає впевнені позиції в різних галузях промисловості і набуває все зростаючого використання для підвищення важливих експлуатаційних властивостей – трибологічних показників, втомної міцності, корозійної стійкості для виробів різного призначення [1-5].

У загальному випадку епілами – це розчини фторвмісних поверхнево-активних речовин (фторПАР) у різних легколетючих хладачах. Після випаровування хладонів на поверхнях, що модифікуються, утворюються покриття у вигляді нанорозмірної багатофункціональної молекулярної плівки певним чином орієнтованих молекул поверхнево-активної речовини (ПАР), яка істотно зменшує енергію поверхневого шару і надає поверхні нові властивості. Дуже тонка плівка епіламу не змінює структуру оброблюваної твердої поверхні, залишаються незмінними і геометричні розміри деталей, що є однією із значних переваг цієї технології. Плівки ПАР стійкі до дії високоагресивних середовищ, зберігають свої експлуатаційні властивості у температурному полі від -120 до $+500$ °С, а також під значним тиском - до 3000 мН/мм². Технологія нанесення плівки доволі проста і складається з наступних операцій: знежирення та очищення поверхні від механічних забруднень → епіламування → термофіксація → контроль. Процес епіламування низькотемпературний, з малими енерговитратами, не токсичний.

У даній роботі експерименти виконані на сталях 20 та 40Х. На поверхню сталевих зразків для випробувань на зносостійкість, циклічну довговічність та розтягання наносили плівку епіламу марки СФК-05. В якості розчинника була суміш фторвуглеродів і фторхлорвуглеводородів. Обробку здійснювали у гарячій ванні при температурі $50 - 55$ °С з видержкою 15 хв.

Оскільки одним з основних факторів, що впливають на зносостійкість, є стан поверхонь тертя, було досліджено вплив епіламування (ЕП) на шорскість поверхневого шару. Рис. 1 свідчить, що шорсткість поверхні після епіламування зменшилася у 6 разів.

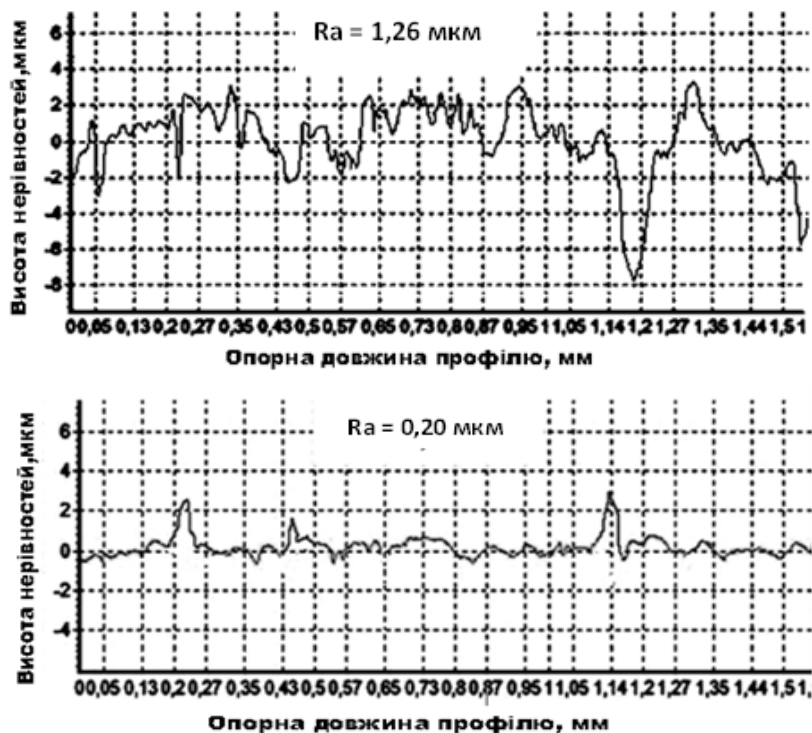


Рисунок 1 – Профілограми зразків сталі 20: а – вихідний стан; б - після ЕП

ФторПАВ внаслідок дуже низького поверхневого натягу і високої проникаючої здатності суттєво згладжує поверхню, заповнюючи та дегазуючи найдрібніші нерівності поверхні – наслідки зношування, що утворилися у процесі експлуатації двигуна. В результаті між поверхнями тертя утворюється розділовий бар'єрний шар дуже тонкої молекулярної плівки із низькою поверхневою енергією, наявність якої зменшує адгезію контактуючих матеріалів, істотно знижує коефіцієнт тертя, що позначиться на зносостійкості спряжених поверхонь.

Випробування на зносостійкість поверхні до та після ЕП проводили в умовах тертя зразка з абразивною поверхнею при наявності мастила у зоні тертя. Результати досліджень зафіксували майже в чотири рази менший знос у зразка з поверхнею, обробленою епіламом. Про позитивний вплив епіламу свідчить і поліпшення стану поверхонь – сліди тертя значно дрібніші і неглибокі (рис 2).

Суттєве підвищення зносостійкості епіламованих поверхонь відбувається через зниження коефіцієнта тертя, а також через зменшення шорсткості поверхонь тертя та збільшення площі їх контакту при наявності моно молекулярної роздільної захисної плівки. Оскільки значна кількість деталей двигуна працюють в умовах циклічних навантажень, та враховуючи ефект «заліковування» поверхневих дефектів, що суттєво позначиться на показниках втомної міцності, досліджувався вплив ЕП на циклічну довговічність.

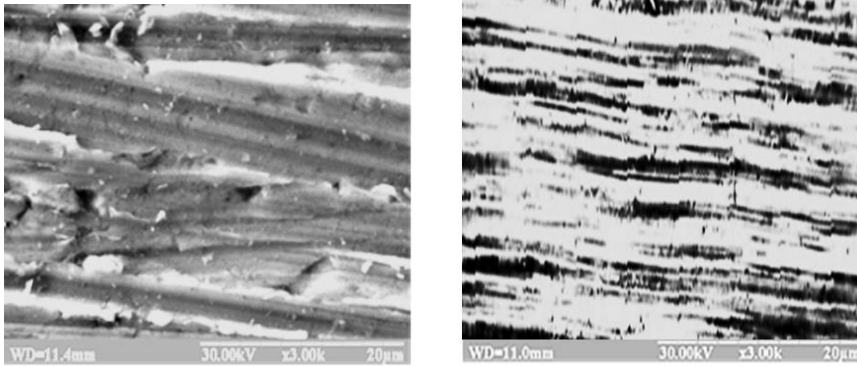


Рисунок 2 – Стан поверхні: а – вихідний; б - після ЕП

Випробування на виконували на машині МУІ-6000 за схемою симетричного вигину з обертанням. База випробувань складала 10^7 циклів навантаження. Зразки зі сталі 40Х були з укороченою робочою частиною за рахунок перехідних перерізів, що дозволило зменшити жолоблення (не більше 0,05 мм) та збільшити жорсткість.

Результати випробувань наведено у табл. 1, з якої видно, що ЕП збільшує циклічну довговічність в 4–4,5 рази в залежності від навантаження.

Таблиця 1 – Вплив ЕП на циклічну довговічність

Матеріал і обробка	Напруження, МПа	Кількість циклів до руйнування
Сталь 40Х, вих.	320	70000
Сталь 40Х, ЕП	320	320000
Сталь 40Х, ЕП	380	270500

Для з'ясування впливу епіламованого поверхневого шару на поведінку виробу під дією статичних напружень були проведені дослідження стандартних циліндричних зразків ($l_0 = 50$ мм, $d_0 = 10$ мм) на розтягання, результати яких надані на рис. 3 та в табл. 2.

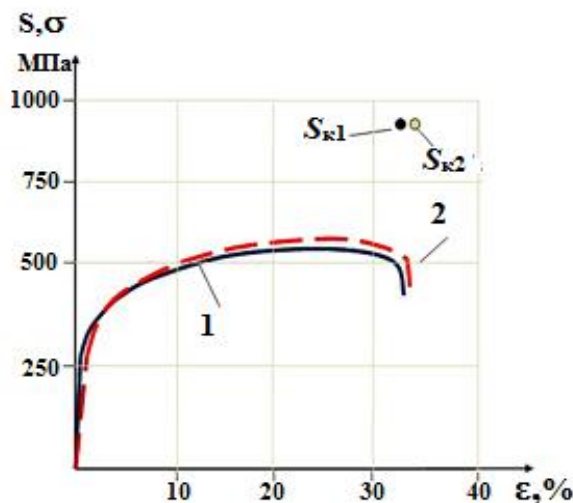


Рисунок 3 – Залежність «напруження – деформація» для зразків без ЕП (1) та після ЕП (2).

Зовнішній вигляд зразків після випробувань та вид зламів свідчать про в'язке руйнування як у вихідному стані, так і після ЕП. Отримані результати дозволяють зазначити, що зменшення шорсткості та покращення чистоти поверхні не впливають на поведінку виробу та його властивості при розтяганні.

Таблиця 2 – Вплив ЕП на механічні властивості при розтяганні

Стан поверхні	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	S_k , МПа	δ , %	ψ , %
Без ЕП	445	245	925	33	64
Після ЕП	465 (+ 3%)	240 (- 2%)	925	33	65

Висновки

Проведені дослідження показали, що модифікація робочих поверхонь сучасним способом нанотехнології – епіламуванням надає їм унікальну особливість одночасного зменшення інтенсивності зношування, корозійної стійкості та опору втомному руйнуванню і не впливає негативно на поведінку та зміну властивостей виробів при розтяганні. Отримані результати дозволяють розглядати цей метод як перспективний для використання на ремонтних підприємствах під час ремонту двигунів з метою підвищення довговічності ресурсовизначальних деталей. При цьому слід зазначити, що технологія ЕП екологічно безпечна, дуже проста, не вимагає спеціального і дорогого обладнання, значних капітальних витрат, та доступна на будь-якому підприємстві. ЕП може бути застосовано для деталей будь-яких розмірів і складної конфігурації.

Література

1. Ренський В.О. Дослідження довговічності двигунів внутрішнього згорання та шляхи її підвищення / В.О. Ренський, Є.В. Калганков // Інтеграція світових наукових процесів як основа суспільного прогресу : Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції Київ : ГО «Інститут інноваційної освіти», 2019. С.226-230
2. Трошін О.М. Розробка технології епіламування силових елементів транспортних засобів / О. М. Трошін, М. Г. Стадниченко, В. В. Парфіло // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2018. Вип. 192. С. 91-98.
3. Дідур В.В. Спосіб підвищення післяремонтної довговічності шестерених насосів / В.В. Дідур, В.В. Панін, О.В., В'юник // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь: ТДАТУ імені Дмитра Моторного, 2019. Вип. 19, т. 4. С.110 - 117.
4. Кузьменко Б.В. Управління процесами тертя в опорах валів суднових допоміжних механізмів / Б.В. Кузьменко, Є.О. Шендерей, В.П. Кардаш // Матеріали наук.-техн. конференції молодих дослідників "Суднові енергетичні установки: експлуатація та ремонт", Одеса: НУ «ОМА», 2021. С, 210-214.
5. Думанчук М.Ю. Новий спосіб зниження фретинг-корозії кріпильних деталей пружних муфт. Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк, 2020, №70. С. 40-43.