

УДК 621.438

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДИЗЕЛІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ОПТИМАЛЬНОЇ МІКРОГЕОМЕТРІЇ ТРИБОСИСТЕМИ «ГІЛЬЗА–КІЛЬЦЕ»

Д.М. Барановський, доцент, Кременчуцький державний університет
імені Михайла Остроградського

Анотація. Приведено результати теоретичних і експериментальних досліджень впливу лазерного випромінювання на оптимальну мікрогеометрію поверхонь трибосистеми «гільза – кільце» дизелів. Показано, що регулюванням режимів обробки лазерного випромінювання можна досягти необхідної мікрогеометрії для прискорення процесів припрацювання дизелів.

Ключові слова: оптимальна мікрогеометрія, трибосистема, дизелі, лазерне випромінювання, довговічність.

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДИЗЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОПТИМАЛЬНОЙ МИКРОГЕОМЕТРИИ ТРИБОСИСТЕМЫ «ГИЛЬЗА–КОЛЬЦО»

Д.Н. Барановский, доцент, Кременчугский государственный университет
имени Михаила Остроградского

Аннотация. Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния лазерного излучения на оптимальную микрогеометрию поверхностей трибосистемы «гильза – кольцо» дизелей. Показано, что регулированием режимов обработки лазерного излучения можно достичь необходимой микрогеометрии для ускорения процессов приработки дизелей.

Ключевые слова: оптимальная микрогеометрия, трибосистема, дизели, лазерное излучение, долговечность.

RISE OF LONGEVITY OF DIESELS WITH APPLICATION OF OPTIMUM MICROGEOMETRY OF «SHELL–RING» TRIBOSYSTEMS

D. Baranovskiy, Associate Professor, Kremenchug State University
after Michael Ostrogradsky

Abstract. The results of theoretical and experimental researches of influencing of laser radiation on optimum microgeometry of diesels «shell – ring» tribosystems. It is shown that by adjusting of the modes of treatment of laser radiation it is possible to attain necessary microgeometry for acceleration of diesels burn in processes.

Key words: optimum mikrogeometric, tribosystem, diesels, laser radiation, longevity.

Вступ

Для кожного сполучення і властивих йому умов тертя існує визначена оптимальна кон-турна площа контактування, що представляє собою сукупність плям контакту, оптимально розташованих на номінальній площі. Така

система плям контакту задається відповідними методами геометричного і міцнісного розрахунку, виходячи з досвіду експлуатації агрегату, і забезпечується технологічними шляхами на операціях механічної обробки, притирання й обкатування. Шорсткість пове-рхонь тертя також має оптимальні значення.

Оптимальні значення контурної площі і шорсткості для конкретних пар тертя знаходяться експериментальним шляхом. У зв'язку з наявністю похибок обробки і зборки остаточне досягнення оптимальних значень контурної площі і шорсткості можливо, як правило, шляхом застосування спеціальних заходів і у процесі припрацювання трибосистем (ТС). Для прискорення процесу припрацювання використовуються спеціальні заходи, такі як притирання вільним абразивом.

Аналіз технологічних методів, призначених для отримання оптимальної шорсткості поверхонь дизелів

Опір зносу поверхонь ТС багато в чому залежить від остаточної (фінішної) технології обробки. Для втулок і гільз циліндрів залежно від умов експлуатації і параметрів двигуна визначено оптимальні параметри вихідної шорсткості поверхні тертя, за якої інтенсивність зношування буде мінімальною. Встановлено [1], що від фінішної обробки деталей дизелів залежить не тільки первісна, але і наступна інтенсивність зношування при експлуатації.

Найбільш розповсюдженим методом фінішної обробки гільз циліндрів дизелів є хонінгування робочої поверхні, що забезпечує необхідні параметри шорсткості і напрямку мікронерівностей до осі циліндра. Залежно від умов тертя, в гільзі циліндрів вихідна шорсткість переходить в експлуатаційну, яка може бути вище, нижче чи близькою до вихідної.

При хонінгуванні поверхня гільз циліндрів насичується абразивними частками через знос хона. У процесі роботи дизеля ці частки приводять до прискореного зносу контртіла – кілець і поршня, які в початковий момент експлуатації становлять 5...15 % від величини граничного зносу і різко знижують загальний ресурс.

Тому дуже корисною виявилася розробка технології безабразивної обробки поверхонь тертя. До такої технології відноситься фінішна антифрикційна безабразивна обробка (ФАБО), що дозволяє зменшити початкові зноси гільз циліндрів і кілець і, тим самим, підняти ресурс дизеля. Спосіб ФАБО був запропонований Д.Н. Гаркуновим і В.Н. Лозовським [2]. Шорсткість поверхонь після

ФАБО дещо зменшується ($R_a \leq 2,5$ мкм). Деталі перед ФАБО шліфують, розгортають, хонінгують.

Практично ФАБО гільз циліндрів проводять на токарському верстаті за допомогою спеціального пристрою, основним елементом якого є латунні прутки, що притискаються до оброблюваної поверхні, і тертьові по ній у процесі обробки [2].

Перевага ФАБО в порівнянні з іншими фінішними операціями полягає в тому, що метод є надзвичайно простим, не вимагає складного устаткування і надає сталевій чи чавунній поверхні високих антифрикційних властивостей. При ФАБО чавунна поверхня гільз циліндрів дизелів перетворюється у бронзову, а коефіцієнт тертя знижується у 1,5 раза.

До недоліків ФАБО слід віднести малу товщину зміцненого шару і відсутність позитивного ефекту при тривалій експлуатації. За даними Ф.Х. Бурумкулова й А.Г. Андрєєвої, тривалість дії покриття становить близько 2 годин. Ця обробка може впливати на процесі припрацювання, а не на ресурс дизеля в цілому.

З метою підвищення експлуатаційних властивостей та економічності тракторних і комбайнових дизелів Інститут надтвердих матеріалів АН України разом з ПО «Київтрактородеталь» розробив триботехнологічний метод формування зносостійкої поверхні гільз циліндрів дизелів шляхом керування мікрогеометрією і структурою поверхневих шарів деталей нанесенням на поверхні тертя твердомастильних покриттів [2].

Розроблений метод дозволяє не тільки поліпшити характеристики припрацювання дизелів (виключити припалення поршневого кілець, задирки гільз і поршнів, знизити витрату оливи на чад), але і збільшити моторесурс дизелів.

Алмазне вигладжування робочих поверхонь має малу глибину зміцненого шару, що для втулок і гільз циліндрів робить спосіб малоперспективним.

Вплив лазерного випромінювання на матеріал зумовлює не тільки структурні зміни [3], але й зміни параметрів шорсткості оброблюваної поверхні. Величина шорсткості, перед-

усім, залежить від режимів лазерної обробки і в першу чергу від тих, при яких спостерігається оплавлення поверхні.

Теоретичне обґрунтування оптимальної мікрогеометрії гільз циліндрів

Згідно роботи [4], границю витривалості зразків залежно від мікрогеометрії можна визначити за виразом:

$$G_T = f \cdot \frac{R_{\max}}{\bar{\rho}}, \quad (1)$$

де $\bar{\rho}$ – питоме навантаження; $R_{\max}$ – максимальна висота профілю нерівностей; f – коефіцієнт тертя.

Відповідно до роботи [3], при використанні лазерної обробки на неперервному режимі опромінення можна встановити стаціонарне поле напружень

$$\sigma_{rr}(r, 0, \infty) = \frac{\alpha q_0 K_n E}{2\lambda k_0 V} \frac{\sqrt{\pi k_0}}{2} F_1\left(\frac{1}{2}; 2; -k_0 r^2\right), \quad (2)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності; r – радіус зони впливу; K_n – коефіцієнт поглинання; k_0 – коефіцієнт, $k_0 = 8/d^2$; d – ширина лазерної доріжки; q_0 – густина потужності лазерного випромінювання, що падає на поверхню матеріалу; V – швидкість сканування; $F_1(\alpha, \beta, \gamma)$ – гіпергеометрична функція; E – модуль Юнга.

Якщо прирівняти останні вирази, то мікрогеометрію при лазерному впливі на неперервному режимі можна описати

$$R_{\max} = \frac{\bar{\rho} \alpha q_0 K_n E}{2\lambda k_0 V f} \frac{\sqrt{\pi k_0}}{2} F_1\left(\frac{1}{2}; 2; -k_0 r^2\right). \quad (3)$$

Оскільки найбільшого припрацювання в дизелях зазнають гільзи циліндрів та виходячи з того, що сьогодні широкого розповсюдження набули дизелі сімейства ЯМЗ, то, відповідно до цього, побудовано графічні залежності висоти мікронерівностей від густини потужності лазерного випромінювання (рис. 1).

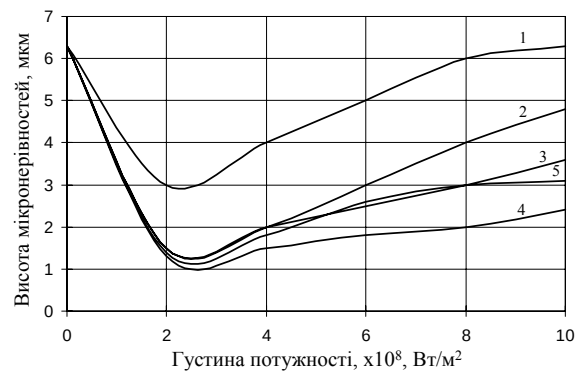


Рис. 1. Теоретична залежність висоти мікронерівностей поверхні чавуну СЧ-12 від густини потужності лазерного випромінювання за швидкості: 1 – 5 мм/с; 2 – 10 мм/с; 3 – 15 мм/с; 4 – 20 мм/с; 5 – 25 мм/с

Експериментальні дослідження мікрогеометрії трибосистеми «гільза – кільце»

Експериментальні дослідження показують, що при лазерній обробці з оплавленням поверхні суттєво змінюється топографія робочих поверхонь. Змінюючи характер нанесення лазерних доріжок і площу зміщеної зони, можна керувати технічними властивостями ТС «гільза – кільце», підвищуючи ресурс дизелів у цілому. Якщо густина потужності лазерного випромінювання не досягає свого критичного значення, тобто не спостерігається оплавлення, і узгоджена зі швидкістю обробки деталі, то спостерігається зміна мікрорельєфу. Результати досліджень наведено на рис. 2.

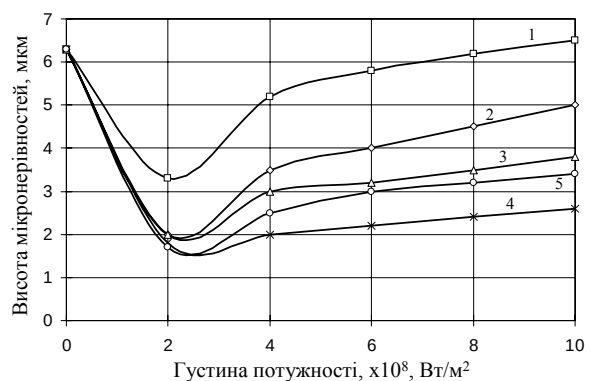


Рис. 2. Експериментальна залежність висоти мікронерівностей робочої поверхні гільз циліндрів дизелів ЯМЗ-238 від густини потужності лазерного випромінювання за швидкості: 1 – 5 мм/с; 2 – 10 мм/с; 3 – 15 мм/с; 4 – 20 мм/с; 5 – 25 мм/с

Експериментальні дослідження залежності мікрогеометрії робочих поверхонь гільз циліндрів дизелів ЯМЗ-238 від впливу лазерного випромінювання (рис. 2) доводять доцільність застосування цього методу для підвищення довговічності дизелів. Тим самим вони добре узгоджуються з теоретичними розрахунками, що отримані відповідно до виразу (3). Розбіжність між теоретичними та експериментальними дослідженнями складає всього 2...7 %.

Висновки

Проведений аналіз щодо впливу мікрогеометрії робочих поверхонь ТС «гільза – кільце» на довговічність дизелів вказує на необхідність проведення заходів перед початком їх експлуатації.

Одним із ефективних методів, який може забезпечити оптимальну мікрогеометрію ТС «гільза – кільце» дизелів, є лазерне випромінювання.

Теоретично обґрунтовано та експериментально доведено доцільність застосування лазерної обробки гільз циліндрів дизелів для створення оптимальної мікрогеометрії на робочих поверхнях та прискорення процесів припрацювання вирішальних ТС і подальшого досягнення низької інтенсивності їх зношування. При цьому можна очікувати підвищення ресурсу дизелів на 25...40 %.

Література

1. Самсонов Г.В. Физическое материаловедение карбидов / Г.В. Самсонов, Г.М. Упадхья, В.С. Нешпор. – К. : Наукова думка, 1974. – 454 с.
2. Лошак М.Г. Прочность и долговечность твёрдых сплавов / М.Г. Лошак. – К. : Наукова думка, 1984. – 328 с.
3. Барановський Д.М. Теоретичні передумови підвищення надійності системи «контактна підвіска – струмоприймач» / Д.М. Барановський // Проблеми трибології. – 2007. – №2. – С. 67–70.
4. Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машиностроении / Б.И. Костецкий. – К. : Техника, 1970. – 396 с.
5. Воздействие лазерного излучения на материалы / Р.В. Арутюнян, В.Ю. Баронов и др. – М. : Наука, 1989. – 367 с.
6. Гаркунов Д.Н. Триботехника. Износ и безызносность / Д.Н. Гаркунов. – М. : Машиностроение, 2001. – 616 с.
7. Горячева И.Г. Механизм формирования шероховатости в процессе приработки / И.Г. Горячева, М.Н. Добычин // Трение и износ. – 1982. – Т. 3. – № 4. – С. 632–642.
8. Гуляев А.П. Металловедение / А.П. Гуляев. – М. : Металлургия, 1978. – 647 с.
9. Дьюри У. Лазерная технология и анализ материалов / У. Дьюри. – М. : Мир, 1986.
10. Криштал М.А. О вкладе диффузионных процессов в перераспределение вещества в твердом теле под воздействием лазерного излучения / М.А. Криштал, Н.Н. Захаров, А.Н. Кокора // Физика и химия обработки материалов. – 1976. – № 4. – С. 25–28.
11. Крылов К.И. Применение лазеров в машиностроении и приборостроении / К.И. Крылов. – М. : Машиностроение, 1978.
12. Лазерное и электроэрозионное упрочнение материалов / В.С. Коваленко, А.Д. Верхотуров, Л.Ф. Головкин, И.А. Подчерняева / отв. ред. П. Н. Родин; АН СССР, Дальневост. научн. центр, ин-т химии. – М. : Наука, 1986. – 275 с.
13. Лазерная и электроннолучевая обработка материалов: Справочник / Н.Н. Рыкалин, А.А. Углов, И.В. Зуев, А.Н. Кокора. – М. : Машиностроение, 1985. – 495 с.

Рецензент: Ф.І. Абрамчук, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 16 квітня 2010 р.