

## Література

1. Бучко І. О., Добранський С. С. Розробка плазмотрона для наплавлення зносостійких, фрикційних та інших спеціальних покриттів // Крамаровські читання : зб. тез доп. XI Міжнар. наук.-техн. конф., присвяч. 117-й річниці від дня народж. д-ра техн. наук, проф., віцепрезидента УАСГН Крамарова В. С. (1906–1987), (Київ, 2024 р.) / НУБіП України. – Київ, 2024. – С. 41.

УДК 621.74

### КОМБІНОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ПОРШНИХ КІЛЕЦЬ ІЗ СТАЛІ 18X2H4MA

**Чернета Олег Георгійович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортно-логістичних систем, Дніпровський державний технічний університет, e-mail: [OCherneta@gmail.com](mailto:OCherneta@gmail.com), ORCID: 0000-0002-3871-6923

**Бондюк Деніс Миколайович**, аспірант кафедри автомобілів та транспортно-логістичних систем, Дніпровський державний технічний університет, e-mail: [dbondyuk@gmail.com](mailto:dbondyuk@gmail.com).

**Скороход Максим Вікторович** - аспірант кафедри автомобілів та транспортно-логістичних систем, Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, e-mail: [maxsymckrhd@gmail.com](mailto:maxsymckrhd@gmail.com)

**Кучер Євген Геннадійович** – здобувач вищої освіти 2- (магістерського) рівня кафедри АТЛС, Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, e-mail: [joker2208276@gmail.com](mailto:joker2208276@gmail.com)

При виробництві деталей двигуна, а саме циліндро-поршневої групи з метою покращення зносостійкості та експлуатаційній надійності поршневих кілець виникає потреба пошуку альтернативних матеріалу. Перспективним рішенням є використання легованих сталей марок 18X2H4MA, 38X2H4MA, 50XФА на зміну 15X2ГН2ТРА, 20X2H4A. При хіміко-термічній обробці поверхневого шару деталей матеріали набувають підвищені властивості з зносостійкості, корозійної стійкості. До найбільш привабливих технологій зміцнення можна віднести комбіновані способи обробки поверхневого шару — азотування, борування з наступною лазерною обробкою поверхні.

Азотування дозволяє на сталях 18X2H4MA, 38X2H4MA, 50XФА отримати щільний азотований шар товщиною до 160 мкм. Лазерна обробка азотованої поверхні приводить до утворення складних твердих фаз з комбінованими мікроструктурами і особливими властивостями поверхневого шару. Значна твердість, зносостійкість обумовлена наявністю в поверхневому шарі складних карбідів, нітридів заліза та окремих компонентів легованих елементів, що входять до хімічного складу сталей [1-4]. Основною проблемою при обробці

поверхневого шару поршневого кільця є ризик викривлення деталі в наслідок термічного впливу. Нагрів при азотуванні та лазерній обробці локальних зон призводить до викривлення кристалічної решітки металу. Тому термічну і лазерну обробку тонкостінної деталі проводять у спеціально фіксуєчому пристрої, який жорстко фіксує деталь на кожній стадії термічної обробки та лазерного впливу.

Швидкість зношування матеріалу кільця за методикою Горячевої І.Г. пропорційна тиску та визначається за формулою: ,

$$I_t = Kq,$$

(1)

де  $q$  — тиск;  $K$  — коефіцієнт швидкості зношування.

Тиск у заданий момент часу задається як серія підйомів. Тоді вираз для розподілу контактного тиску має вигляд

$$q'(\theta, t') = \sum_{n=1}^{\theta} B_n U_n(\theta) \exp(-\lambda_n^2 t'); \quad (2)$$

$$B_1 = \frac{2 \cos L_1^+ n \sin L_1^- n}{L_1^- \cos L_1^- n} + \frac{\frac{2 \sin L_1^+ n}{L_1^+}}{\frac{\pi \cos^2 L_1^+}{\cos^2 L_1^- n}} + \frac{(3\lambda_1 - 2) \cos^2 L_1^- \pi \sin L_1^- \pi}{\lambda_1 L_1^- \cos L_1^- n} + \frac{(3\lambda_1) \sin 2L_1^+ \pi}{2\lambda_1 L_1^+}, \quad (3)$$

де

$$B_n = \left( \frac{2 \operatorname{sh} \Lambda_n^- \cos \Lambda_n^+ n}{\Lambda_n^- \operatorname{ch} \Lambda_n^- \pi} \right) + \frac{2 \sin \Lambda_n^+ n}{\Lambda_n^+} / \left[ \frac{\pi \cos^2 \Lambda_n^+ n}{\operatorname{ch} \Lambda_n^- n} + \frac{(3\lambda_n - 2) \cos^2 \Lambda_n^- n}{\lambda_n \Lambda_n^- \operatorname{ch} \Lambda_n^- n} + \frac{(3\lambda_n + 2) \sin 2\Lambda_n^+ n}{2\lambda_n \Lambda_n^+} + \pi \right]; \quad (5)$$

$$L_1^+ = \sqrt{1 \pm \lambda_1}; \Lambda_n^+ = \sqrt{\lambda_n \pm 1}; \quad (6)$$

$$U_1(\theta) = \cos L_1^+ \theta + \frac{\cos L_1^+ \pi \cos L_1^- \theta}{\cos L_1^- \pi}; \quad (7)$$

$$U_n(\theta) = \cos \Lambda L_1^+ \theta + \frac{\cos \Lambda_1^+ \pi \operatorname{ch} \Lambda_1^- \theta}{\operatorname{ch} \Lambda_1^+ \pi}; \quad (8)$$

$$t' = \frac{K' E J t}{r^4}; q'(\theta, t') = \frac{q(\theta, t) r^3}{E J}, \quad (9)$$

де  $\theta$  — кутова координата (для блокування поршневого кільця  $\theta = \pm \pi$ );

$E$  — модуль пружності кільця;  $t$  — поточний час;  $r$  — радіус кривизни кільця;  $q$  — тиск.

## Висновки

Розроблено технологію комбінованої обробки високолегованої сталі 18X2H4MA на основі середньотемпературного азотування в анодаційній печі за температури 650°C з витримкою 96 годин та подальшої лазерної обробки на лазерному приладі GOOS1001 з енергією накопичення 15 кДж, відстанню до

мішені 290 мм, діаметром лазерної плями 11 мм та інтервалом між пострілами 3 хвилини.

## Література

1. Cherneta O. G. Strengthening of automobile transport parts by combined laser processing: monograph. Kamianske: DDTU, 2024. 147 p. ISBN 978-966-175-252-7
2. Dmitrichenko M.F., Mnatsakanov R.G., Mikosyanchik O.O. Tribotechnics and the basis of machine reliability: basic guide. K.: INFORMA VTODOR, 2006. 216 p.
3. Kindrachuk M.V., Labunet V.F., Pashechko M.I. TRIBOLOGY. Branch of the National Aviation University "NAN-Druk" 2009. 392. p.
4. Popov S. V., Buchynskyi M. Ya., Hnytko S. M., Chernyavskyi A. M. Theory of mechanisms of technological machines: a textbook for students of mechanical specialties of higher education institutions. Kharkiv: NTMT, 2019. 268 p.

УДК 621:43

## ПОЛІПШЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ТРАНСПОРТНИХ ДВЗ ШЛЯХОМ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ

**Абрамчук Федір Іванович** – д.т.н., проф., професор кафедри Автомобілів та автомобільного господарства, Національний ТУ «Дніпровська політехніка»,  
e-mail: fedor.abramchuk@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7430-7484;

**Авраменко Андрій Миколайович**<sup>2,3</sup>, 1 – д.т.н., пров. наук. співр. відділу термогазодинаміки енергетичних машин ІЕМС НАН України, 2 – професор кафедри ДВЗ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
e-mail: an0100@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8130-1881;

Останнім часом зростають вимоги до підвищення техніко-економічних і екологічних показників ДВЗ (особливо до транспортних). На сьогодні сформувався декілька напрямків по поліпшенню техніко-економічних показників транспортних ДВЗ. Основними з них є:

- використання гібридних силових установок (на базі ДВЗ);
- використання сучасних систем нейтралізації відпрацьованих газів;
- використання альтернативних палив та присадок до них;
- удосконалення систем керування ДВЗ;
- модернізація паливної апаратури;
- удосконалення конструкції деталей камери згоряння ДВЗ;
- підвищення ефективності систем подачі повітря.

Збільшення рівня форсування ДВЗ призводить до різкого зростання рівня теплового та механічного навантаження на деталі камери згоряння (КЗ) ДВЗ. Для дизельних двигунів (зі збільшенням рівня форсування) - характерно різке зростання максимального тиску згоряння та швидкості зростання тиску при згорянні. Ці фактори в експлуатації призводять до збільшення рівня