

УДК 621.431.7/436+621.004.61/01-19:631.33

**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ
КОМБАЙНОВИХ І АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ ДЛЯ АПК УКРАЇНИ
– СПІЛЬНА ТУРБОТА СОЦІУМУ (ДЕРЖАВИ), ВЧЕНИХ І ВИРОБНИЧНИКІВ**

Болдар Л.Н., Веселов А.В., Орлов А.С. (ЛНАУ, м.Луганськ, Україна)

Тел./Факс: 8(0642) 96-74-97; E-mail: rector@lnau.lg.ua

Abstract: *The influence of thickness of electrolytic chrome on the working surface of the piston rings along the perimeter, height, in the radial direction and their elasticity for quality renovated combine and automotive engines*

Key words: *Compression piston rings, mode wear, uniformity of coating, the structure of cast iron, the elasticity of the rings, quality and resource engines*

Проблема. Як відомо, якість двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) залежить від того, на скільки сучасні технологічні процеси використовуються при їх виготовленні. У науково-теоретичному плані найбільш вагомим відгуком якості такої складної трибо системи, якою є ДВЗ, прийнята степінь дисперсності складових у поверхневих шарах деталей [1]. У наших розробках визначено, що їх дисперсність має бути на рівні $10^8 - 10^9$. Зокрема при взаємному доведенні (ВД) деталей основних спряжень двигунів дисперсність нано і піко рівнів забезпечується за рахунок дії електричного струму у середовищі електроліту. У подальшому, рекомендується підтримувати нормальні умови зношування (НЗ) структурно адаптованих матеріалів деталей лише за рахунок дії складових пакету присадок моторної оливи [2].

Такого рівня якості двигунів можна досягти лише в результаті спільних дій вчених і виробників, які повинні координуватися вітчизняним власником – державою або внутрішнім інвестором. Отже, кардинальне перепроєктування (реінжинірінг) всього кластера галузей, що забезпечують якість ДВЗ, особливо тих, що використовуються для АПК, вже давно назріло [3].

Стан питання. Аналіз останніх публікацій свідчить, що на сьогодні, як і раніше, розробки систем діагностування стану нових і відремонтованих двигунів стримуються трибологічними «хашаками» у науці про тертя. Користувачам настирливо пропонується відновлювати зношені двигуни без ремонту, за рахунок використання «чудодійних» речовин, які змішуються з оливою, або паливом, спочатку зачищають, потім наросшують зношені поверхні і далі, нібито захищають їх від зношування (рис. 1).

Як відомо, подряпини на поверхні кільця від дії абразиву (див. рис. 1а) досягають глибини 0,1мкм (100нм). Тоді виходить, що частинки, які їх закривають (див. рис. 1б), мають розміри 1-10мкм. Вирівнювання хвилястості зношеної поверхні (див. рис. 1в) теж відбувається на макрорівні - при дисперсності часточок 10^5 - 10^6 (розмір 10^{-5} - 10^{-6} м). Очевидно тому, і коефіцієнт тертя від дії цих речовин (див. рис. 1г) значно вищий бажаного – (0,06 – 0,03) [4].

При такому відновленні, не йдеться про необхідність виправлення короблення площин, зменшення прогину деталей, відновлення натягів у з'єднаннях і зносостійких покриттів та інші технології, які дійсно циклічно відновлюють стан двигунів, або дають їм друге чи третє «життя». Ситуація особливо загострюється після закінчення періоду гарантійного обслуговування техніки, як закордонної, так і вітчизняної. Зокрема, для закордонних комбайнових і автотракторних двигунів, період безвідмовної роботи, з ймовірністю 99,6 %, триває лише 1тис. мото-годин. Далі надійність двигунів знижується і їх сервісне обслуговування стає досить дорогим. У порівнянні з

закордонною технікою, обслуговування «рідної» техніки значно дорожче (при дешевій робочій силі, це не помітно). Так, досягнутий на 2008 рік рівень надійності вітчизняних двигунів, які були встановлені на комбайни Дон-1500А у 2001 році, при інтенсивності відмов $\omega = 0,052$, становив [5]: $F(t^{20}) = 1 - e^{-\omega t} = 1 - 0,37 = 0,63$, де індекс «20» - середнє напрацювання до відмови, $t = 20$ годин. З цього слідує, що кожену добу, три двигуни, з десяти, виходили з ладу.

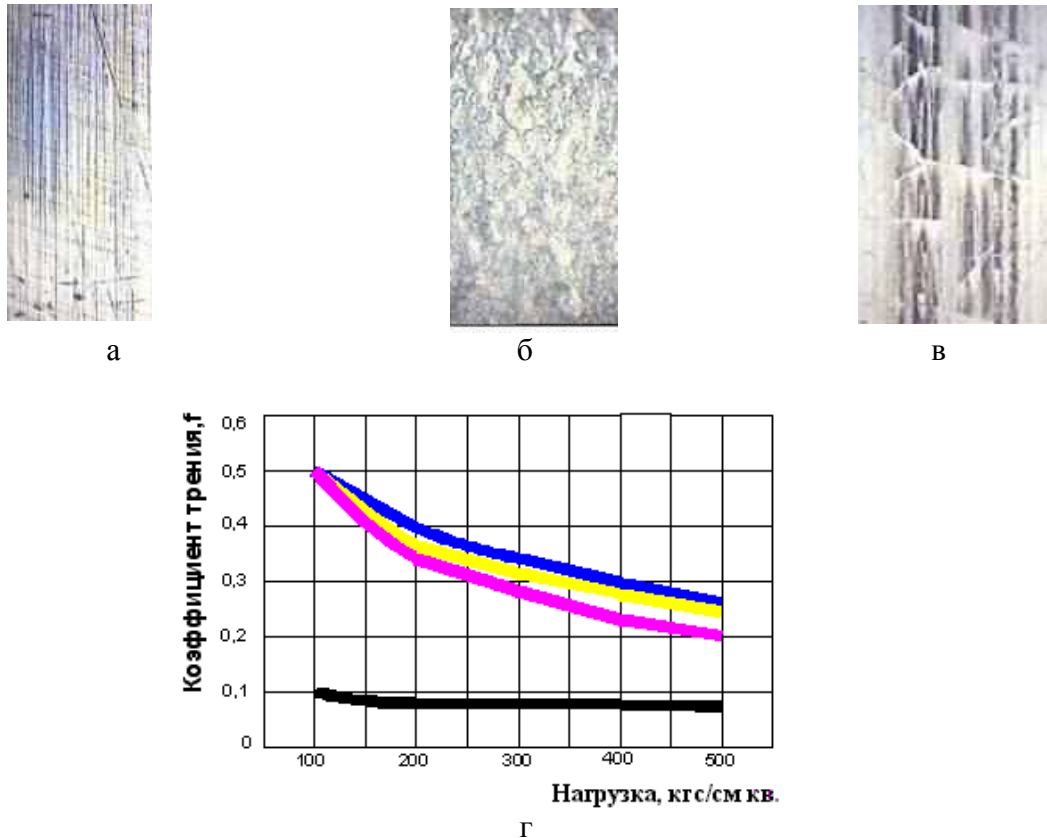


Рис. 1. Хром зношений на оливі (а); після відновлення (б, в); вплив навантаження на коефіцієнт тертя відновлених поверхонь (г)

До «трибологічних хащ» також можна віднести розробки у напрямку заміни матеріалу кілець з чавуну на сталь. Адже з матеріалознавства відомо, що сталь, у порівнянні з чавуном, менш витривала, не вібростійка і з часом не покращує свої пружні властивості (не має акомодатії). Аргументи, щодо необхідності заміни чавуну з гальванічним хромом, через те, що покриття дуже тверде, потребує високої технологічної культури при нанесенні, важко припрацьовується, вимагає високої точності виготовлення гільз і т.і., не витримує критики, бо у закордонних двигунів ці матеріали на десятки років надійно захищають кільця від зношування.

Методика досліджень. Прогнозування якості вітчизняних ДВЗ типу СМД (4Ч12/14) проводилося за результатами контролювання початкового стану 1-х компресійних поршневих кілець і їх стану після ВД, скороченої та типової обкатки і стендових випробувань двигунів. Початковий стан нових кілець вивчався за методикою [6] (рис. 2).

Далі кільця стискалися діаметральною силою Q_1 (див. рис. 2а) до зламу. Після зламу кілець в перерізі В-В (на дві частини), кожна половина, таким же чином (стискання діаметральною силою - «на упор»), була зруйнована ще на дві частини – в

перерізах Б – Б і Г – Г. У цих трьох перерізах (В-В, Б-Б і Г-Г), та у трьох точках по висоті кільця (див. положення 1-3, рис. 2, в), за допомогою мікроскопу МИМ-7, визначалася товщина хрому h . За результатами вимірювань розраховувалися показники пружності кілець: E – умовний модуль пружності чавуну, EI – жорсткість матеріалу, $\sigma_{роб}$ – робоче напруження, що виникає в спинці кільця; n – запас міцності, як відношення $\sigma_{max}/\sigma_{роб}$, де σ_{max} – максимально допустиме напруження для сірого спеціального чавуну. Таким же чином оцінювалися кільця у дослідних і контрольних двигунів, які раніше пройшли стендові випробування [1].

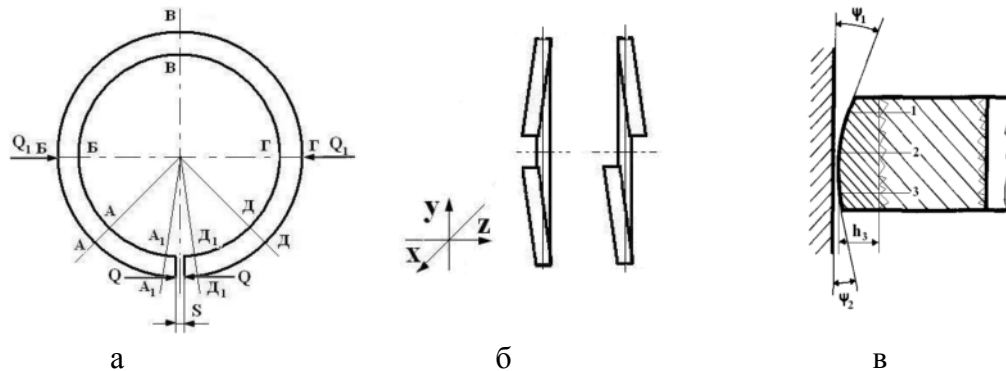


Рис. 2. Місця контролювання відгуків поршневих кілець у напрямках: ОХ (а), ОУ (б) і ОZ (в)

Результати досліджень. Вимірювання показали, що мінімальна товщина хрому на робочій поверхні нових кілець становить 100мкм, а максимальна - 180мкм. Як відомо, на режимі НЗ, кожні 10мкм покриття зношуються протягом 500 мото-годин. Отже, ресурс таких кілець може бути 5 – 9 тис мото-годин. Нерівномірність покриття по периметру кілець, відносно чавунної основи (такої ж шорсткої, як і внутрішня поверхня кілець, див. рис. 2в), становила 10 – 60 мкм, а по висоті кілець – досягала 40 мкм. Простий розрахунок показує, що додаткові втрати ресурсу можуть бути в межах 2 - 3 тис. мото-годин. З цього виходить, що деякі кільця, вже після технологічної обкатки (з перших годин роботи в експлуатації), будуть посилено зношуватися. Як відомо, режим ПЗ супроводжується погіршенням техніко-економічних показників двигунів у 3-4 рази. Зокрема, такий важливий показник, як втрати оливи на вигорання, стає більшим за норму (норма для двигунів 4С12/14 - 0,8%) і швидко досягає межі - 2%.

У зв'язку з тим, що майже у всіх кілець, їх краї розходилися відносно спинки у різні боки (див. рис. 2б), у перерізах Б - Б і Г- Г вони мали не тільки бажану, пряму конусність (ПК) (рис. 3, а), але і зворотню конусність (ЗК) (див. рис. 3, б).

Непаралельність покриття робочої поверхні відносно основи, досягала 10мкм, ПК і ЗК – 30 мкм, корсетність – 5 мкм, випуклість – 40 мкм. У перерізах Б - Б і Г- Г ці відхилення були значно меншими. Очевидно, під час нарощування хрому у ванні, зкручуваність окремих кілець (як відомо, вони збираються в пакет), діяла як «перервність» і призводила до їх взаємного екранування, послаблення концентраційних явищ і сприяла підвищенню рівномірності осаду. Окрім цього, після копірної обточки кілець, внутрішні напруження у чавуні у перерізах Б - Б і Г- Г найменші.

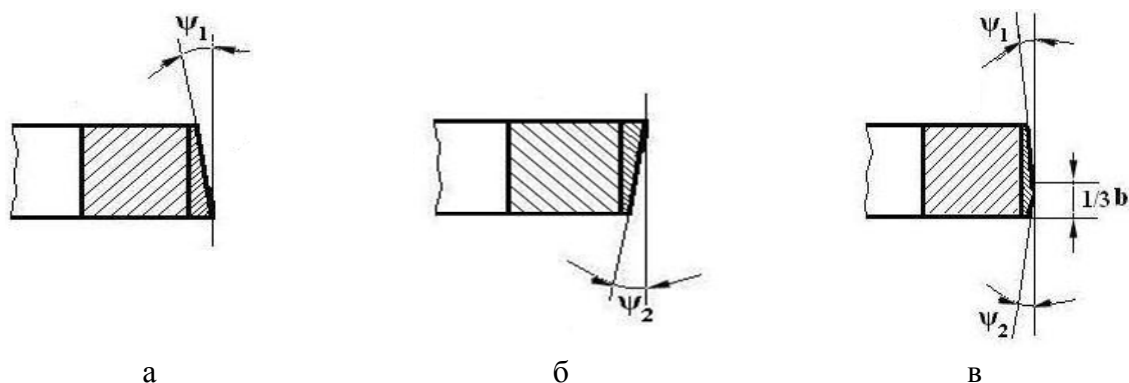
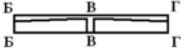


Рис. 3. Пряма (а), зворотня (б) і подвійна (в) конусність кілець

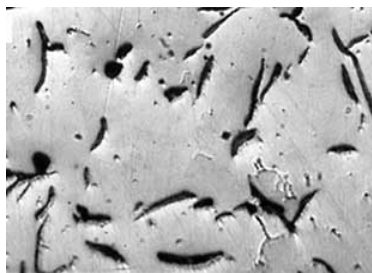
Розрахунок ресурсу кілець підтвердилися в процесі стендових випробувань двигунів. Так, втрати оливи на вигорання у дослідного двигуна (після ВД, скороченої обкатки і стендових випробувань), по відношенню до витраченого за 10 годин випробувань палива, становили 0,845%. За час випробувань, кільце 3.31 і кільце 3.25 втратили запас міцності (табл. 1).

В спинці (переріз В-В) ці кільця мали більші розміри, ніж інші кільця (див. колонку «профіль», табл. 1) і характеризувалися максимальним робочим напруженням $\sigma_{роб}$. Крім того, ще на початку випробувань кільце 3.31 було визначене, як таке, що не відповідає вимогам ТУ. Воно не прилягало до гільзи по куту 100 градусів (кільця 2 групи якості), тому двигун, перед стендовими 60-ти годинними випробуваннями, був обкатаний протягом 80 хв.

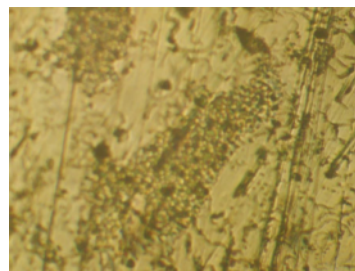
Таблиця 1. Стан кілець після стендових випробувань

№ кільця; тривалість обкатки, хв	Показники пружності					n; профіль кільця
	S, мм	Q ₁ , Н	E, ГПа	σ _{роб} , МПа		
Дослідний двигун (ВД, скорочена обкатка, 70 год. стенд. випробувань)						
3.31; 80	19,3	26,7	101,7	320	n = 1,2	
3.3; 40	16,0	25,1	115,9	284	n=1,3 – 1,4	
3.7; 40	18,8	25,5	99,5	295		
3.10; 40	19,0	24,2	98,3	284		
Контрольний двигун (170 хв. обкатки на режимах Держ.НДТІ)						
3.15; 170	16,0	21,9	101,4	258	n=1,3– 1,5	
3.17; 170	19,0	24,2	96,6	286		
3.19; 170	19,2	25,8	92,3	297		
3.25; 170	19,8	27,4	98,2	314	n = 1,2	

Кільце 3.25, у порівнянні з іншими кільцями, повинно було «м'яко пружинити», бо у нього був найбільший початковий зазор S. Однак, воно виявилось найбільш жорстким, У роботі [7] було визначено, що за таких відгуків, значущим чинником, стає будова чавуну, наприклад, на окремих ділянках спостерігається ледебурит, що є ознакою крихкого і жорсткого половинчастого чавуну (рис. 4, б).



а



б

Рис. 3. Будова якісного сірого зносостійкого чавуну (а) та чавуну жорсткого кільця (б)

Як відомо, щоб одержати більш якісний чавун (див. рис. 3, а) достатньо зменшити швидкість його охолодження і вирівняти її по висоті і периметру відливки кільця.

Стан поверхні кільця у дослідних і контрольних двигунів суттєво відрізнявся. Наприклад, кут ψ_1 , що характеризує подвійну конусність (див. рис. 3в), у кільці дослідного двигуна досягав 0,73 градуса, а кут ψ_2 – 1,32 градуса. У контрольного двигуна, злам лінії на $1/3h$ (б) спостерігався лише у кільця із втраченим запасом міцності. На його поверхні, окрім слідів абразивного зношування (див. рис. 1а), були помітні сліди від зчеплення з матеріалом гільзи. На робочій поверхні кільця 3.3, 3.7, 3.10, що не втратили запасу міцності, залишився пористий мікрорельєф. Поверхня у кільця 3.31 була досить площинною і без слідів абразивного зношування.

Висновки. 1. Дослідження показали, що будь які «чудодійні» технології відновлення зношених поверхонь, або такі ж речовини, не можуть змінити не якісний макрогеометричний початковий стан деталей (як відомо, майбутнє не впливає на минуле). Лише за умов розбирання двигунів, або їх окремих вузлів, ретельного визначення стану деталей і призначення сучасних (конкурентоздатних) методів їх відновлення можна забезпечити двигунам друге чи третє «життя». **2.** Сучасними слід вважати такі методи відновлення, які не призводять до глибинного мікрогеометричного руйнування поверхонь деталей і можуть забезпечити безабразивний перехід спряжень від початкового контакту до структурної адаптації матеріалів деталей з середовищем і до контакту за умов пружної рівноваги вторинних структур. **3.** З самого початку, взаємне пристосування деталей у спряженнях двигунів повинне відбуватися за умов нано і пікодисперсності складових їх матеріалів і середовища. Такий стан складових забезпечується під час їх ВД - за рахунок дії електричного струму у середовищі електроліту. Однак, всі процеси, що передують ВД повинні бути спрямовані на суттєве підвищення якості матеріалів, підвищення точності виготовлення деталей і досягнення такої шорсткості поверхонь, яка б забезпечувала поверхням тримальну здатність за рахунок площинності або маслоємності.

Список літератури: 1. Болдар Л.Н. Нанодисперсність приповерхневих складових деталей і середовища – основна передумова їх структурної адаптації / Л.Н. Болдар // Міжнародн. зб. наук. праць «Прогресивні технології і системи машинобудування». – Донецьк: ДонНТУ, 2010. – Вип. 40. – С. 33-37. 2. Болдар Л.Н. Забезпечення якості відремонтованих двигунів внутрішнього згоряння. Системний підхід / Л.Н. Болдар // Зб. наук. праць Луганського НАУ. Серія; Технічні науки. – Луганськ: ЛНАУ, 2008. - №91. – С.36-51. 3. Болдар Л.Н. Умови реінжинірингу систем виробництва, ремонту і технічного обслуговування комбайнових і автотракторних

двигунів. / Л.Н. Болдар // Наук. видання. Вісник Харківського національного технічного ун-ту сільського господарства ім. П.Василенка «Проблеми технічної експлуатації машин». – Харків: ХНТУСГ. – Вип. 94. – С. 142-148. 4. Карасик И.И. Прирабатываемость, как отражение фундаментального свойства структурной приспособляемости трибосистем / И.И. Карасик // Трение и износ, - №1, 1993. – С.121-128. 5. Молодик М.В., Смашнюк О.В. Обґрунтування правил призначення ремонтно-обслуговуючих робіт для забезпечення надійності сільськогосподарської техніки / М.В. Молодик, О.В. Смашнюк // Харків: ХНТУСГ. – Вип. 94. – С. 9-13. 6. Болдарь Л.Н., Орлов А.С., Веселов А.В. Технологические предпосылки реинжиниринга отечественных систем производства, ремонта и эксплуатации комбайновых и автотракторных двигателей / Л.Н. Болдарь, А.С. Орлов, А.В. Веселов // Міжнародн. зб. наук. праць «Прогресивні технології і системи машинобудування». – Донецьк: ДонНТУ, 2010. – Вип. 40. – С. 38-43. 7. Болдарь Л.Н., Щербак О.А., Болдарь Е.Л. О необходимости обеспечения нанодисперсности составляющих материалов поршневых колец ДВС / Л.Н. Болдарь, О.А. Щербак, Е.Л. Болдарь // Сб. науч. трудов «Строительство, материаловедение, машиностроение». – Днепропетровск: ГВУЗ «ПРАСА», 2011. – Вип. 58. – С. 78-84.

**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ КОМБАЙНОВИХ І АВТОТРАКТОРНИХ
ДВИГУНІВ ДЛЯ АПК УКРАЇНИ – СПІЛЬНА ТУРБОТА СОЦІУМУ (ДЕРЖАВИ),
ВЧЕНИХ І ВИРОБНИЧНИКІВ**

Болдар Л.Н., Веселов А.В., Орлов А.С. (ЛНАУ, м. Луганськ, Україна)

***Анотація.** Досліджено вплив товщини гальванічного хрому на робочій поверхні поршневих кілець по периметру, висоті, в радіальному напрямку та їх пружності на якість відремонтованих комбайнових і автотракторних двигунів*

***Ключові слова:** компресійні поршневі кільця, режим зношування, рівномірність покриття, будова чавуну, пружність кілець, якість і ресурс двигунів*

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА КОМБАЙНОВЫХ И АВТОТРАКТОРНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ АПК УКРАИНЫ - ОБЩАЯ ЗАБОТА СОЦИУМА
(ГОСУДАРСТВА), УЧЕНЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННИКОВ**

Болдар Л.Н., Веселов А.В., Орлов А.С. (ЛНАУ, г. Луганск, Украина)

***Аннотация.** Исследовано влияние толщины гальванического хрома на рабочей поверхности поршневых колец по периметру, высоте, в радиальном направлении и их упругости на качество отремонтированных комбайновых и автотракторных двигателей*

***Ключевые слова:** компрессионные поршневые кольца, режим изнашивания, равномерность покрытия, строение чугуна, упругость колец, качество и ресурс двигателей*

Надійшла до редколегії 31.05.2011 р.