

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

Л.Н. Болдар

ЛНАУ, г. Луганськ, Україна

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

**ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМКИ У СПРАВІ ЗАПРОВАДЖЕННЯ
«РЕЦИКЛІНГОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ» ПРИ ВИРОБНИЦТВІ І РЕМОНТІ
ВІТЧИЗНЯНИХ КОМБАЙНОВИХ І АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ**

Приведені дані досліджень проблеми підвищення якості виробництва і ремонту вітчизняних комбайнових і автотракторних двигунів у рамках нових парадигм – рециклінгової індустрії і обособленого ремонту. Показано, що використання фінішних технологій електрохімічної обробки і взаємного доведення деталей та скороченої обкатки двигунів сприяє стабілізації будови чавуну поршневих кілець. Встановлено, що початковий показник опору кільця стисненню q_n менший ніж 6,5Н/мм, свідчить про його недостатню пружність і значну неоднорідність будови чавуну. До позитивних відгуків будови чавуну поршневих кілець віднесені, як метастабільні нанодисперсні, так і стабільні складові. Акцентовано, що стратегічним завданням при вирішенні проблем покращення якості комбайнових і автотракторних двигунів, їх рециклінгового відновлення і обособленого ремонту, є розробка такого складу матеріалів деталей, що обмежують їх ресурс, який з часом, під дією технологічних і робочих чинників, буде набувати лише позитивних властивостей.

Ключові слова: *впровадження двигунів, ремонт ізоляції, взаємна електрохімічна обробка частин, будова чавуну поршневих кілець, стабільна і метастабільна структура поверхні.*

Проблема. Останнім часом проблеми підвищення якості компресійних поршневих кілець двигунів внутрішнього згоряння і компресорів, почали розв'язуватися за рахунок застосування нанотехнологій та досягнень наноматеріалознавства [1,2]. Однак, реалізувати такі підходи стосовно комбайнових і автотракторних двигунів (КіАТД), в умовах ремонтних підприємств АПК України, дуже складно. Тому, найближчим часом вони, на жаль, не зможуть стати конкурентоспроможними напрямками у справі підвищення якості ремонту КіАТД.

Аналітичні дослідження. Аналіз досліджень вітчизняних авторів показує, що на Україні є розробки, які відповідають вимогам рециклінгової індустрії і можуть ефективно вирішити проблему підвищення якості матеріалів, з яких виготовляються деталі КіАТД і які застосовуються при їх відновленні. Мова йде про комбіновані термомеханічні, термоциклічні і хіміко-термічні зміцнюючі технології [3,4]. Вже при проектуванні сплавів і розробці технологій їх зміцнення, початковий метастабільний стан матеріалів (після виготовлення деталей) співставляється з тим, що утворюється в експлуатації. Практично, для зворотнього відліку часу, або відновлення початкового стану матеріалів після зношування чи відновлення деталей - деякого терміну (циклу) використання, достатньо лише узгодити між собою критичні (точніше – оптимальні) швидкості їх нагрівання чи охолодження з тривалістю дії силових навантажень і температури. Разом з тим, зазначається, що неповні уявлення про післядію цих чинників і меж степені метастабільності структур, досить часто призводять до протилежних висновків.

Так, до найважливіших чинників, що кардинально змінюють якість залізобетонних сплавів, з яких виготовляються компресійні поршневі кільця, гільзи циліндрів і колінчасті вали КіАТД, слід відносити не лише об'ємну деформацію і деформацію поверхонь від тертя і зношування [3], а і дію квазі твердої і хімічно активної оливи і квазі рідких вторинних структур на поверхнях цих деталей [5]. Діше за цих умов, можна буде досягати стану їх структурної адаптації, коли природньо позитивні здібності матеріалів і синергетичні властивості середовища будуть успішно протидіяти тертю і зношуванню і призводити до підвищення працездатності, надійності і довговічності двигунів.

Мета роботи. Дослідити вплив технологічних чинників процесу взаємного доведення деталей і робочих чинників, які діють під час обкатки і стендових випробувань відремонтованих двигунів на будову чавуну і напружено-здеформований стан (НЗС) компресійних поршневих кілець.

Методика досліджень. Взаємозв'язок між початковою якістю поршневих кілець, будовою чавуну, товщиною гальванічного хрому і їх НЗС, досліджувався на 13 двигуно-комплектах однієї поставки. Вісім комплектів кілець, всього 64 нижніх і 32 верхніх хромованих кілець, в основному, це були кільця 2-ї і 3-ї груп якості [6], стискалися до руйнування (рис. 1, а) за методикою [7].

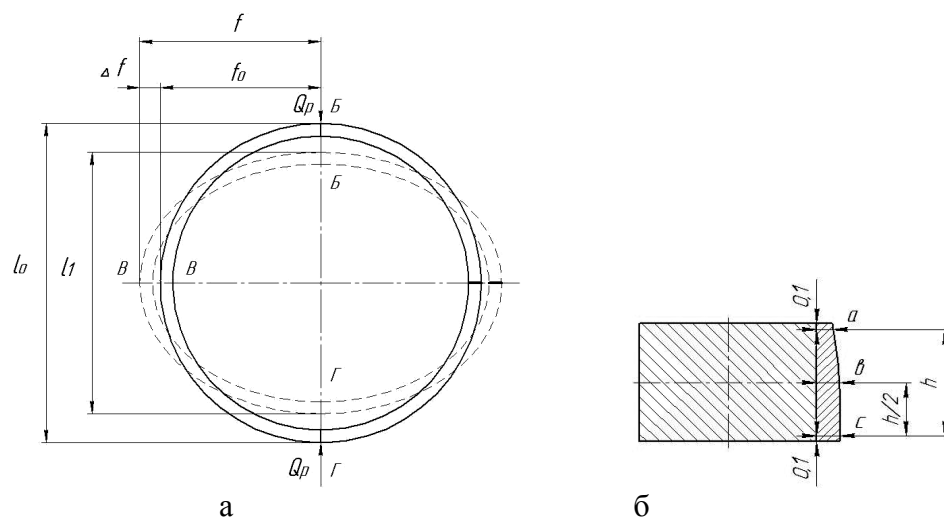


Рис.1. Схема навантаження поршневого кільця (а), місця вимірювання товщини хромового покриття

П'ять комплектів поршневих кілець 1-4 груп встановлювалися на 2 контрольні двигуни (СМД14А і СМД14НГ) і 3 дослідні двигуни СМД14НГ. Кільця 4-ї групи, гальванічний хром яких був вкритий полудою, встановлювалися на контрольний двигун СМД14НГ. Як відомо, тонкий шар полуди забезпечує кільцям повне початкове прилягання до гільз. Після обкатки контрольних двигунів на режимах ДержНДТІ і взаємного доведення деталей та скороченої обкатки дослідних двигунів за технологією [6], двигуни випробувалися на гальмівному стенді протягом 70-ти годин. Останні 10 годин у двигунів визначалися втрати оливи на вигоряння (ГОСТ18508). Після випробувань і мікрометражу поршневі кільця стискалися діаметральною силою до нульового зазору між краями (див. рис. 1, а) до руйнування. Швидкість навантаження кілець змінювалася у межах від 0,2 до 0,8 МПа/с. Більшість кілець руйнувалася у

площині В-В. За відомою методикою місця зламу кілець готувалися для мікроаналізу за допомогою мікроскопу МИМ-7.

У місцях руйнування кілець визначалася товщина гальванічного хрому (див. рис. 1, б). Мікроструктура чавуну вивчалася при збільшенні $300\times$, $500\times$ з урахуванням даних ГОСТ 3443-87. Окремі фрагменти будови розглядалися із збільшенням $3500\times$. Для цього використовувався фотоапарат Agfa Photo DC-302 і комп'ютерна програма КОМПАС 3D [7]. Основним відгуками НЗС поршневих кілець приймалися: початковий зазор S_1 між краями кілець у вільному стані і опір q_n кілець стисканню, в Н/мм на ділянці зазору від S_1 до 0.

Результати досліджень. Дослідження взаємозв'язку між показниками НЗС нових (із запасних частин) нижніх компресійних поршневих кілець і будовою чавуну показали, що початковий зазор S_1 між краями кілець у вільному стані, лише у деякій мірі, свідчить про їх пружність. За нижню межу пружності був прийнятий опір $q_n = 6,5 - 8,7$ Н/мм. При меншому показнику q_n , в будові чавуну до розтравлювання спостерігався кулястий графіт і ледебурит (рис. 2, а і б), а після розтравлювання, на фоні перліту – зерна суміші фериту із складними карбідами (див. рис. 2, в). При більшому показнику q_n , в будові чавуну після розтравлювання спостерігалася досить розмежована світла суміш фериту з карбідами і залишки сітки фосфідної евтектики (див. рис. 2, г). За цим показником, при початковому зазорі S_1 від 14,0 до 16,0 мм, лише 17% кілець можна вважати достатньо пружними, при зазорі S_1 від 17,0 до 19,6 мм – близько 40%, а при S_1 від 19,7 до 22,8 мм (за ТУ він має бути не більшим 19,2 мм) – теж близько 17%. Товщина гальванічного хрому також не була визначальним чинником пружності кілець (табл. 1).

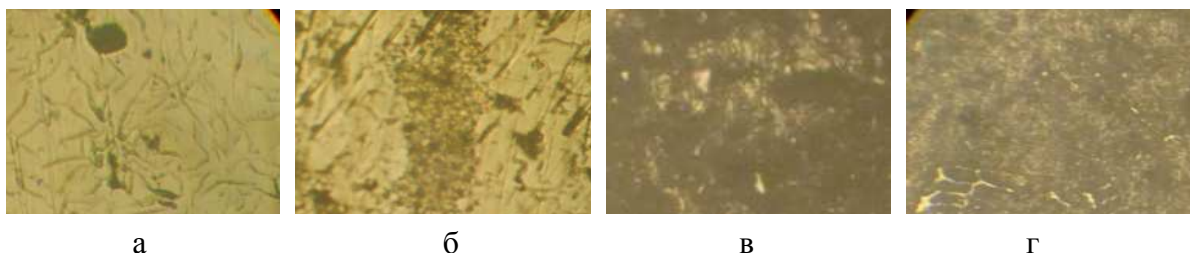


Рис. 2. Будова чавуну кілець при q_n : 3,5 – 2,5 Н/мм (а); 6,5 Н/мм (б, в); 18,3 - 9,9 Н/мм (г) до (а, б) і після (в, г) розтравлювання, $\times 300$

Таблиця 1. Початкові відгуки НЗС кілець і товщина гальванічного хрому

Кількість кілець	S_1 , мм	q_n , Н/мм	h_{cr} , мкм	Q_p , Н
1	19.6	2,53	42,9	147,9
1	19.8	0,00	90,7	87,2
10	19.4-20.4	1,07-11,20	111,8-177,6	64,5-98,6

Так, лише у двох кілець, при $q_n = 0,00 - 2,53$ Н/мм, товщина h_{cr} і сила руйнування Q_p мали екстремальні значення. Після випробувань двигунів НЗС кілець суттєво змінився (табл. 2). За показником q_n вони стали більш жорсткими. Фактичний модуль пружності E_ϕ у всіх кілець свідчив про те, що для їх виготовлення використовувався високоміцний чавун.

Будова чавуну, у порівнянні з початковою, також суттєво змінилася, особливо у кілець дослідних двигунів (рис. 3).

Таблиця 2. НЗС поршневих кілець після випробувань

Відгуки	Контрольний двигун				Дослідний двигун			
	№ кільця				№ кільця			
	3.15	3.17	3.19	3.25	3,3	3,7	3,10	3,31
S_L , мм	16,00	19,00	19,20	19,80	16,00	18,80	19,00	19,30
h_{cr} , мкм	93,30	46,60	101,50	120,17	62,30	94,30	109,30	70,90
q_n , Н/мм	1,41	1,31	1,38	1,42	1,62	1,39	1,31	1,42
E_{ϕ} , ГПа	101,40	96,60	92,60	98,20	115,90	99,50	98,30	101,70

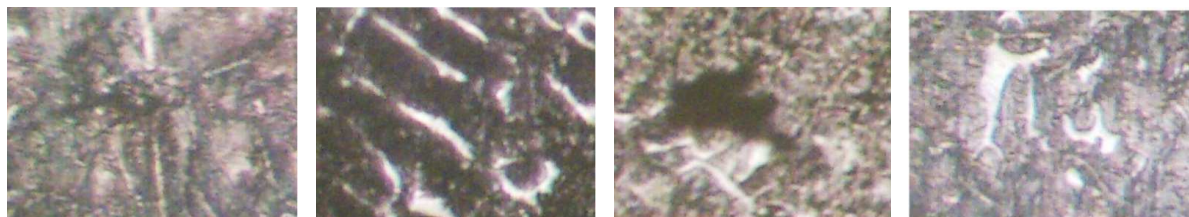


Рис. 3. Структура чавуну кілець 3.3 (а), 3.7 (б), 3.10 (в), 3.31 (г) дослідного двигуна, х3500

Суміш фериту з карбідами у трьох кілець з чотирьох, стала основою (див. рис. 3, а, в. г). Окремі зерна цементиту товщиною від 2-х до 5-ти мкм набули строго орієнтованого напрямку (див. білі пластинки на рис. 3, а, б), розміщувалися безпосередньо біля зерен графіту (див. рис. 3, в) або входили до складу сітки фосфідної евтектики (див. рис. 3, г). Як відомо, відбілювання чавуну за рахунок дуже твердих (9,5-29,0 ГПа) карбідних фаз типу $MeC-Me_{23}C_6$ призводить до суттєвого збільшення зносостійкості поверхні деталей [8]. Значну степінь відбілювання чавуну кілець по об'єму, очевидно, слід вважати бажаним відгуком стабільності системи в умовах конкретного середовища (гільза – олива – кільце – паливо – гази – поршень) і в межах його хімічного складу. Утворення окремих зерен графіту серед дрібнодисперсних складових (див. рис. 3, в) слід віднести до багатоциклової дії теплових і силових чинників. Отже, при наявності в цій трибосистемі гальванічного хрому, який є найбільш сильним карбідоутворюючим елементом, у поверхневих вторинних структурах між гільзами і кільцями слід чекати утворення зносостійких шаруватих, як нанодисперсних метастабільних, так і стабільних складових.

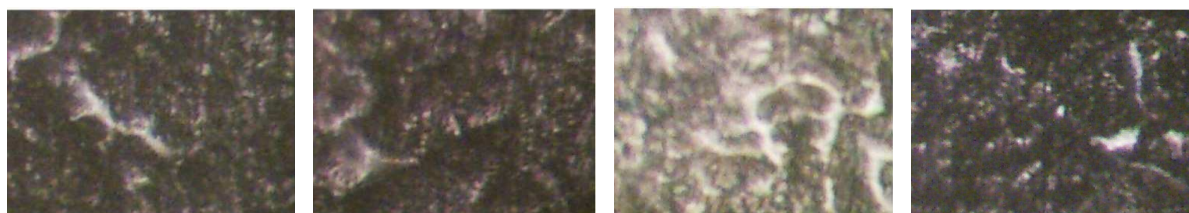


Рис. 4. Структура чавуну кілець 3.15 (а), 3.17 (б), 3.19 (в), 3.25 (г) контрольного двигуна, х3500

У контрольних двигунів лише у одного кільця (рис. 4, в) основа чавуну була такою ж насиченою і дрібнодисперсною, як і у дослідних – у решти кілець, вона залишалася перлітною. Слід зазначити, що у контрольних двигунів зношування кілець відбувалося переважно за абразивним механізмом. Вигоряння оливи у двигуна, що прийнятий для аналізу (див. дані табл. 2), по відношенню до витраченого палива, було на рівні 0,9%, а у дослідного – 0,7%.

Такі відгуки контрольного двигуна після 60-ти годинних стендових випробувань, свідчили про його неготовність сприймати номінальні навантаження.

Висновки. 1. Дослідженнями встановлено, що початковий показник опору кільця стисненню q_n менший ніж 6,5Н/мм, свідчить про його недостатню пружність і значну неоднорідність будови чавуну. При ремонті двигунів такі кільця, якщо вони не хромовані, слід встановлювати у нижні канавки поршнів. Жорсткі хромовані кільця перед використанням бажано термічно стабілізувати.

2. До позитивних відгуків будови чавуну поршневих кілець слід віднести, як метастабільні нанодисперсні, так і стабільні складові. Дослідження показали, що така суміш, у поєднанні з середовищем, яка утворюється у зазорах між деталями і при скороченій обкатці двигунів в результаті застосування фінішної безабразивної обробки і взаємного доведення деталей, призводить до підвищення їх службових властивостей.

3. Стратегічним завданням при вирішенні проблем покращення якості комбайнових і автотракторних двигунів, їх рециклінгового відновлення і обособленого ремонту, слід вважати розробку такого складу матеріалів деталей, що обмежують їх ресурс, який з часом, під дією технологічних і робочих чинників, буде набувати позитивних властивостей.

Список літератури:

1. Шаповалов В.И. Газоармированные поршневые компрессионные кольца двигателей внутреннего сгорания / В.И. Шаповалов, А.С. Высоцкий // Загальнодержавний міжвідомчий н.-т. збірник «Конструювання, експлуатація та виробництво с.г. машин». – Кіровоград: КНТУ, 2011. – Вип. 41. – С. 87-93.

2. Буря О.І. Застосування нанокompозитів з нанонаповнювачами у технічному сервісі сільськогосподарської техніки / О.І. Буря, О.Ю. Кузнецова, О.Д. Деркач, А.В. Дудка, А.О. Маришук // Вісник Харківського національн. технічного ун-ту с.г. ім. П. Василенко «Технічний сервіс машин для рослинництва». – Харків: Вид-во ХНТУСГ, 2012. – Вип. 121. – С. 40-47.

3. Чейлях А.П. Экономнолегированные метастабильные сплавы и упрочняющие технологии. – Харьков: ННЦ ХФТИ, 2003.- 212с.

4. Веретенников Н.В. Структура и свойства серого чугуна после электрохимической обработки / Н.В. Веретенников // Металловедение и термическая обработка материалов. 1990, №9. – С. 56-57.

5. Болдар Л.Н. Умови структурної адаптації матеріалів деталей двз з середовищем / Л.Н. Болдар // Наук.-техн. зб. «Проблеми тертя та зношування».- К.: Вид-во нац.авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2010. – Вип. 54. - С. 71-87.

6. Испытание, разработка технологии и внедрение в производство приработки деталей ЦПГ и КШМ двигателя СМД с использованием ЭХМП/ Отчет по НИР № 169 (5/85М) № ГР 01.85.0046659. – Ворошиловград: ВСХИ, 1986.

7. Розробка системи технічного сервісу сільськогосподарської техніки в АПК та технологічних процесів обробки деталей і технологічного середовища

електрофізичними і електрохімічними методами / Звіт по НДР. № ДР 0109U000996. - Луганськ: ЛНАУ. - 2012. -189 с.

8. Большаков В.И. Прикладное материаловедение: Учебник / В.И. Большаков, О.Ю. Береза, В.И. Харченко. – Днепропетровск: РВА «Дніпро-VAL». – 2000.- 290с.

Надійшла до редколегії 15.05.2012 р.

L. Boldarev

**PRIORITY AREAS IN THE
IMPLEMENTATION OF "RETSYKLINHOVYH
TECHNOLOGY" TO DOMESTIC
PRODUCTION AND REPAIR COMBINE AND
AUTOTRACTOR ENGINES**

Are the data of the research of the problem of improving the quality of production and repair of domestic for combine harvesters and of automotive and tractor engines in the framework of the new paradigms – recyclings industry and separate repair. It is shown, that the use of the finishing technologies of electrochemical processing and mutual finishing details, as well as the condensed break-in engines, contributes to the stabilization of the structure of cast iron piston rings.

Key words: the roll-out of engines, isolation repair, mutual electrochemical machining parts, termocyclings loading of piston rings, stable and metastable structure of pig-iron.

Л.Н. Болдарь

**ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ДЕЛЕ
ВНЕДРЕНИЯ «РЕЦИКЛИНГОВЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ» ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И
РЕМОНТЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ
КОМБАЙНОВЫХ И АВТОТРАКТОРНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ**

Приведены данные исследований проблемы повышения качества производства и ремонта отечественных комбайновых и автотракторных двигателей в рамках новых парадигм - рециклинговой индустрии и обособленно ремонта. Показано, что использование финишных технологий электрохимической обработки и взаимного доводки деталей и сокращенной обкатки двигателей способствует стабилизации строения чугуна поршневых колец. Установлено, что первоначальный показатель сопротивления кольца сжатию q_n меньше чем 6,5 Н/мм, свидетельствует о его недостаточной упругости и значительную неоднородность строения чугуна. К положительным моментам строения чугуна поршневых колец отнесены как метастабильные нанодисперсные так и стабильные составляющие. Акцентируется, что стратегической задачей при решении проблем улучшения качества комбайновых и автотракторных двигателей, их рециклингового восстановления и обособленного ремонта, является разработка такого состава материалов деталей, ограничивающих их ресурс, который со временем, под действием технологических и рабочих факторов, будет приобретать только положительные свойства.

Ключевые слова: внедрение двигателей, ремонт изоляции, взаимная электрохимическая обработка частей, строение чугуна поршневых колец, стабильная и метастабильная структура поверхности.