

Болдар Л.Н., Гречишкін С.С., Щербак О.А. (ЛНАУ, м. Луганськ, Україна)

Abstract. *Necessity of introduction is proved at repair combine and autotractor engines of technology of mutual operational development of details which is carried out in the course of assemblage of engines and considered as result of operated symbiosis between spatial electrochemical processing and chemicalmotologiya for the decision tribotechnical problems of acceleration of structural adaptation of materials of details among themselves and with Wednesday.*

Key words: *Electrochemistry, tribology, chemicalmotologiya, diesel, refinement, piston ring, castiron, elasticity*

Проблема. Як відомо, найважливішою складовою тракторів, комбайнів та автомобілів є двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ). Однак, вже минає декілька років, як на Україні припинився випуск двигунів для АПК. До банкрутства підприємств призвів досить спрощений підхід до вирішення багатьох нагальних проблем, перш за все, технологічного характеру.

На сьогодні, ця ситуація залишається незмінною. Як раніше, двигунобудівні заводи продовжують «підвищувати» початкову точність корпусних і найбільш швидкозношуваних деталей двигунів, за рахунок збільшення тривалості їх технологічної обкатки, застосування триботехнологій та наноматеріалів, з надією, що в результаті відбудеться «добре» абразивне притирання [1-3]. При цьому, зовсім не враховується негативний досвід застосування для роз'язання цієї проблеми, як досить чисельних хімічно і поверхнево активних, так і неактивних речовин, наприклад таких, як графіт або присадки до палива типу АЛП (мікронні частинки хімічних з'єднань алюмінію).

Аналіз останніх публікацій. Кращі закордонні фірми також проводять технологічну обкатку двигунів, але з метою забезпечення швидкого переходу матеріалів деталей від першого контакту до умов структурної пристосовуваності (СП) між собою та із середовищем [4].

В вітчизняній трибології умови СП були розкриті вченими школи Б.І. Костецького, як властивість поверхонь зношуватися і відновлюватися у межах тонких (на рівні мономолекулярних або окисних плівок) поверхневих шарів. Ці, ніби то (квазі) тверді і, в одночас, квазірідкі шари, вважаються єдиним «третім» тілом, що утворюється в контакті між деталями.

Дещо раніше, на нано і мікронний рівень точності при виготовленні деталей з надзвичайно важкооброблюваних матеріалів, вийшли розробники просторової електроіскрової і електрохімічної обробки Б.Р. і Н. Й. Лазаренко, а також учні відомих вчених П.П.Федот'єва, М.М. Мурача, С. Гутмана, В.І. Казарцева (м. Ленінград), М.П. Мелкова (м. Москва) та вчені школи академіка АН Молдови Ю.М. Петрова (Є.О. Мамонтов, І.В. Душевський, В.П. Алексєєв, Дикусар О.І. та ін.) - при відновленні зношених деталей гальванічними і плазмо та хіміко термічними методами та при ЕХО надтвердих матеріалів. Зокрема, за рахунок нанометрової сітки з молекул органічних речовин, у всій електролізній системі (ЕС), створювалися умови, за яких, за звичай, пластичні залізні покриття, досягали твердості гальванічного хрому (більше 1ГПа) і міцності загартованої сталі [5,6]. Доречно нагадати, що у 2010 і 2011 роках, наукова спільнота відзначає 90-річчя з дня народження Ю.М. Петрова і 100-річчя з дня народження Б.Р.Лазаренко та Б.І. Костецького.

Слідуючий крок по підвищенню точності обробки (виготовлення) виробів у машинобудування, очевидно, слід було б швидко зробити у напрямку розвитку комбінованих методів обробки та створенню нано матеріалів. Однак, щодо використання наноматеріалів у двигунобудуванні (сьогоднішній досвід КамАЗ), то ми знову «пасемо задніх», тобто знову «запізнилися» з використанням прогресивних власних розробок [7], а щодо впровадження високоточних методів комбінованої або фінішної обробки, чи доведення складних деталей, для цієї галузі, то вони досі залишаються на папері [8,9].

У останніх роботах, деталі ДВЗ розглядаються, як складові своєї ЄС – вони взаємодіють у електроліті, при цьому через них проходить змінний (50Гц) електричний струм. Основою розчину є гліцерин (75-90 об. %), а власне електролітом - розчин неорганічних солей NaNO_3 , NaNO_2 , NaCl та ін. у воді [8]. Співвідношення між складовими електроліту змінюється у залежності від вирішуваних задач взаємного доведення (ВД) деталей ДВЗ та їх початкової якості (точність форми і шорсткість їх поверхонь), яка визначається під час їх контролювання чи дефектування. Власне ВД, проводиться при збиранні відремонтованих двигунів із вузлів.

При застосуванні згаданих електролітів для просторової ЕХО хромованих поршневих кілець (ВО «Звезда», м. Ленінград) і вкладишів колінчастого вала виготовлених із алюмінієвих сплавів АСМ і АО20-1, з'явилася можливість суттєво покращувати їх стан та шорсткість поверхонь (рис. 1).

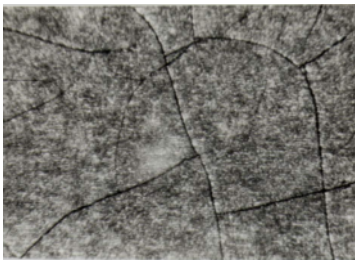


Рис. 1. Гальванічний хром на поверхні поршневого кільця після площинного хонінгування і просторової ЕХО [10]

електрохімічною модифікацією (ЕХМ [7]).

Після ВД деталей, ДВЗ обкатуються по скороченій до 30-40хв програмі, без видалення із зазорів залишків електролітів. Вони змішуються з моторною оливою, а при наростанні температури покращують її антифрикційні властивості і сприяють хімікотермічній модифікації (ХТМ) поверхонь деталей.

Чверть віку назад, відомий вчений-ремонтник І.Є.Ульман назвав технологію ВД деталей ДВЗ «симбіозом електрохімії і хімотології». У прямому розумінні це співіснування є, було і буде природнім станом всякої трибосистеми. Однак, Іона Єфремович мав на увазі керовану зовні дію змінного електричного струму на функціональні групи деталей ДВЗ, та електроліту - на антифрикційні властивості поверхонь деталей і моторної оливи.

Однак, на практиці, такий симбіоз, до цих пір, не відбувся. Найбільше цьому «сприяли» і продовжують впливати на користувачів ДВЗ «трибологічні хащі» [13], що утворилися у вітчизняній науці про тертя і зношування і розповсюдилися на машинобудування та ремонтну справу. Так, з середини 90-х років на теренах країн СНД з'явилися рекомендації, щодо використання, так званих технологій триботехнічного відновлення (ТТВ). При застосуванні ТТВ, речовини - відновлювачі, ніби то без розбирання двигунів для ремонту, можуть нарощувати зношені поверхні надтвердими або

пластичними сервовітними матеріалами і, таким чином, відновлювати їх номінальний стан. При цьому про необхідність відновлення об'ємного напружено-деформованого стану (НДС) таких швидкозношуваних (ресурсних) деталей, як поршневі кільця і вкладиші підшипників ковзання та ін., не йшлося взагалі. Таким чином, поки вітчизняні нові і відремонтовані двигуни «покращувалися» «чудодійними» речовинами з метою: гарантувати їм безвідмовну роботу після ремонту, хоча б протягом декількох сотень мото-годин (максимум 1440 м-г [14]) - у закордонних двигунів цей показник вже досяг 3-5 тис. годин і більше. В результаті, на сьогодні, дорогі, але надійні у роботі і більш економічні закордонні двигуни, стають все більш бажаними, як на Україні, так і в інших країнах СНД.

Разом з тим, у сучасних наукових розробках, які можна використовувати для підвищення конкурентоспроможності вітчизняних ДВЗ, вже йдеться про наноструктурний симбіоз електрохімії твердого тіла з електрохімією поверхні [15,16].

За такої ситуації, про зв'язок об'ємного напруженого стану твердого тіла і поверхні - інженерію поверхні, мають вести мову інженери - механіки. Нижче приводяться дані про вплив мікроструктури матеріалу поршневих кілець на їх НДС.

Методика досліджень. У дослідженнях використовувалися нові (із запасних частин) чавунні нижні компресійні поршневі кільця двигунів типу 4Ч12/14. Відгуками

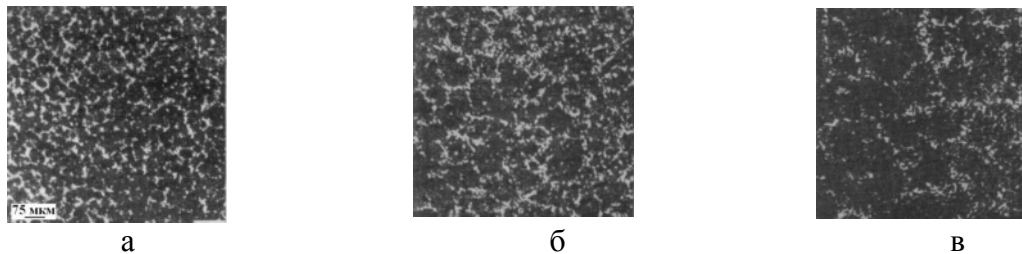


Рис. 2. Макроструктура чавуну кілець з площею сітки фосфідної евтектики від 55 (а) до $115 \cdot 10^3 \text{ мк}^2$ (в), $\times 20$

НДС приймалися: відстань між краями кільця у вільному стані (точність $\pm 0,5 \text{ мм}$) і сила стискування Q кільця (точність індикатора зразкового динамометра ДОСМ $\pm 0,01 \text{ мм}$) до його руйнування при зведених краях. Методика випробувань викладена у роботі [17].

Кільця навантажувалися із швидкістю 0,2 - 0,8 МПа/с (переміщення відбувалося з мікронною подачею). Кільця, що мали початковий зазор у вільному стані у межах 14 - 16 мм навантажувалися з швидкістю - 0,2 МПа/с, а більш пружинисті кільця - з зазором у межах 18 - 21 мм, навантажувалися з швидкістю - 0,6 - 0,8 МПа/с.

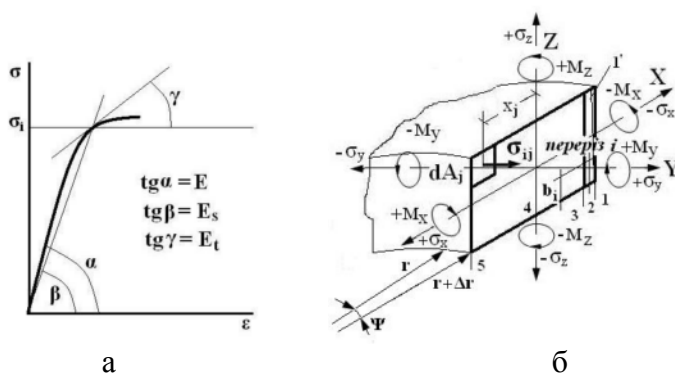


Рис. 3. До методики визначення НДС поршневого кільця
Приймався умовний, або фактичний модуль пружності [20].

Після зламу кілець, їх поперечний переріз готувався до мікроаналізу [18]. Мікроструктура чавуну вивчалася за допомогою мікроскопу МИМ-7. Одержані мікроструктури порівнювалися з даними макроаналізу (рис. 2) [19].

Показником НДС поршневих кілець Це не класичний модуль

пружності чавуну - фізичний E , перетину E_s , чи дотичний E_t (рис. 3а [21]). Він характеризує лише деяку умовну j -ту точку i -того перерізу кільця (див. рис.3б). За даними [22], верхні межі фізичного модуля пружності для сірого і високоміцного чавуну, відповідно, становлять 110 і 160 ГПа.

Результати досліджень та їх тлумачення. В результаті випробувань 80% кілець (60шт) зруйнувалися лише в спинці, тобто на дві частини. 75% з них зруйнувалося на 2-15 мм вище горизонтальної вісі (рис. 4а), а 25% - на 5-20 мм нижче вісі. Інші кільця зруйнувалися на три частини – в спинці і в точці прикладення сили Q (рис. 4б).

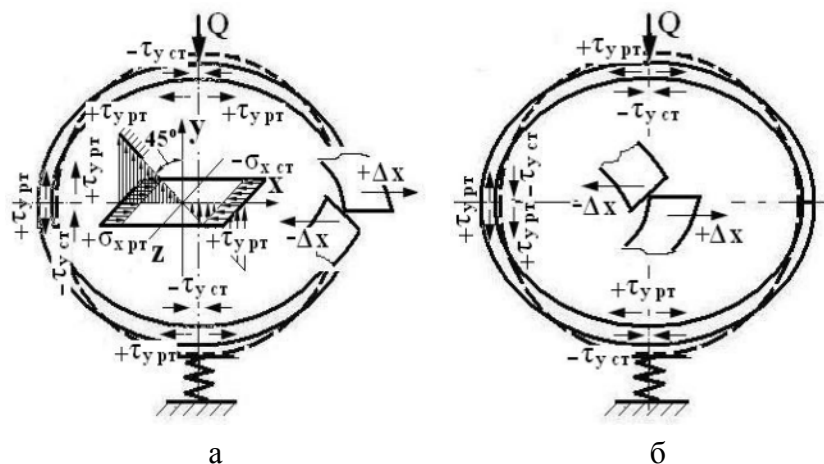


Рис. 4. Схеми переміщення країв кілець та розподілу напружень при їх навантаженні

кільця (див.спрямовані вгору дотичні напруження стиску і розтягу). Як відомо, руйнівні тріщини при розтягуванні розповсюджуються в матеріалі під кутом 45° (див. схему напружень в перерізі кільця в середині малюнка).

Злам кільця в спинці нижче горизонтальної осьової лінії - на дві частини, а також на три частини, очевидно відбувся за умов, коли верхній край кільця переміщувався у напрямку $-\Delta x$ (див. рис. 4б). При цьому, в спинці напруження $+\tau_{y \text{ пр}}$ і $-\tau_{y \text{ ст}}$ на внутрішній поверхні кільця були спрямовані вниз. В точці прикладення сили, злам був зумовлений граничними розтягуючими напруженнями $+\tau_{y \text{ пр}}$.

Одне кільце з 72-х, зруйнувалося на чотири частини. Його злам відбувся в спинці та у взаємно перпендикулярних площинах Б-Б і Г-Г. З самого початку навантаження, це кільце самочинно закручувалося в пружину. Металографічні дослідження будови чавуну кільця показали, що воно мало структуру ковкого чавуну (рис. 5).

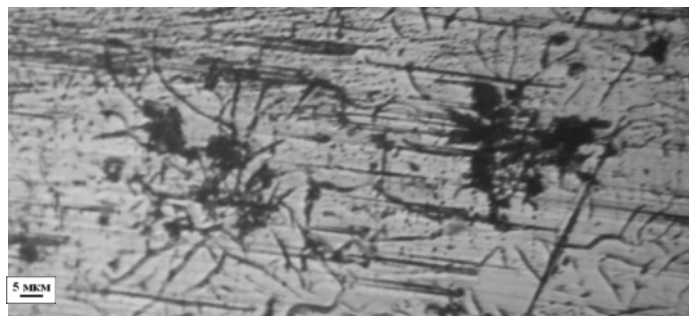


Рис. 5. Чавун кільця після полірування, x300

ності від 180 до 200 ГПа. У кільце, із дещо розмежованою фосфідною сіткою (див. рис. 2б і 6б), умовний модуль пружності був у межах 210 – 250 ГПа. У кільце з розсіяними складовими (див. рис.2в і 6в) модуль пружності досягав 310 ГПа (до них відноситься

Очевидно, що при вільному ковзанні країв кільця у горизонтальному напрямку $\pm \Delta x$, злам в спинці, дещо вище горизонтальної осьової лінії (див. рис.4а), відбувався через відповідний розподіл нормальних ($\pm \sigma_x$) і дотичних ($\pm \tau_y$) напружень від стиску (ст) і розтягу (пр) на внутрішній поверхні

Після обробки полірованої поверхні кільце 5-ти відсотковим розчином азотної кислоти у етиловому спирті, в перлітній основі чавуну проявилася сітка фосфідної евтектики та карбідів (див. рис. 6 і рис. 2).

Кільця з, більш менш, суцільною сіткою фосфідної евтектики (див. рис. 2а і 6а), характеризувалися умовним модулем пруж-

кільце, що зламалося на чотири частини). Очевидно, що в процесі виготовлення відливок для цих кілець, була допущена досить різна швидкість охолодження чавуну.

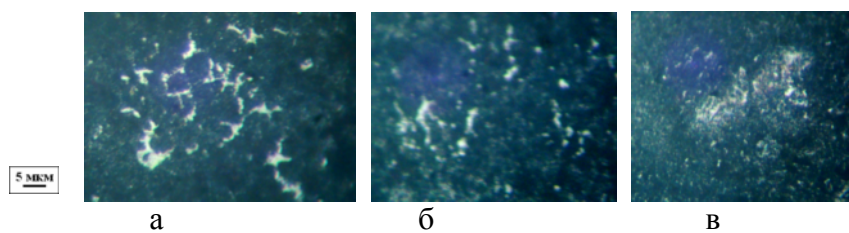


Рис. 6. Мікроструктура чавуну кілець, х300

За результатами досліджень, ремонтному виробництву рекомендовано комплектувати нижні компресійні поршневі кільця на дві групи. До першої групи слід включати жорсткі кільця, що мають малий поча-

тковий зазор у замку. Їх слід встановлювати у другі канавки поршнів (рахунок від днища поршня) і, таким чином, підсилювати роботу 1-х компресійних кілець. Пружинисті кільця, що мають великий (більше 18мм) початковий зазор у замку, слід включати до другої групи і встановлювати у треті канавки поршнів. Вони мають підсилювати роботу маслосъемних кілець.

Висновки.

1. Впровадження сучасних наукових досягнень у виробництво (симбіоз науки і практики) на Україні може відбутися лише за умов прогресивної державницької технічної та економічної політики.

2. Покращення функціональних властивостей нових і відремонтованих ДВЗ для АПК України може бути досягнуте лише шляхом запровадження інноваційних заходів металургійного і технологічного характеру.

3. Початкова якість деталей двигунів має бути гарантована виробником і позначена таким чином, щоб ремонтник за простими ознаками міг визначати стан деталей, проводити комплектування і збирання їх у вузли, застосовувати прогресивні способи взаємного доведення спряжень та прогнозувати працездатність і довговічність двигунів.

Список літератури: 1. Лучка М.В., Кідрачук М.В., Ковальченко М.С. Матеріалознавчі аспекти в технології забезпечення зносостійкості в критичних умовах тертя гальванопорошковим методом / Сучасні проблеми трибології: Тези доповідей міжнародн. н-т конф. Сучасні проблеми трибології», 19-21 травня 2010. – К.:ІВЦ АЛКОН НАН України, 2010. – С.60-61. 2. Сафонов В.В., Шишурин С.А., Александров В.А. Повышение эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники за счет применения наноматериалов // Нанотехника, №4, 2009. – С.79-81. 3. Поляков С.А. Нанотехнологические методы создания трибосопряжений способных динамически адаптироваться к условиям эксплуатации // Нанотехника, №4, 2009. – С.81-86. 4. Xi Shi, Andreas A., Polycarrou A Dynamic Friction Model for Ulubricated Rough Planar Surfaces // ASME Tribol.-2003. - Vol 125. - P. 788-795. 5. Новый метод восстановления деталей машин / Информационно-технический листок Ленинградского ДТМ, 1950. - №14 (159). – 10 с. 6. Петров Ю.Н. Влияние условий электролиза на свойства электролитических железных покрытий (применительно к ремонту деталей машин). – Сталинабад: Таджикгосиздат, 1957. – 156 с. 7. Блесман А.И., Постников Д.В., Суриков В.И., Ласица А.М. Теплоухов А.А. Оптимизация триботехнических свойств материалов металлополимерных узлов терния / Сб. тр. XIII международн. н-т конф. «Машиностроение и техносфера XXI века». – Донецк: ДонНТУ, 2007. – Т.1. –С .91- 95. 8. А.с. № 1045049, МКИ G01M 15/00. Способ приработки деталей. В.П. Алексеев, Л.Н. Болдарь, В.Д. Михалев (СССР). - № 3449488/25-06. Заявл. 09.06.82. Оpubл. 30.09.83. Бюл. № 36. -2 с. 9. Патент 1811449,

СССР, МКИ В23 Н9/12. Способ электрохимико-механической приработки деталей ЦПГ / В.П. Алексеев, Л.Н. Болдарь. - №4927110/08. Завл. 12.04.91. Оpubл. 23.04.93. Бюл. № 15.- С.8. **10.** Алексеев В.П., Болдарь Л.Н., Можаяев М.В. Исследование возможности сглаживания хромированной поверхности поршневых колец электрохимическим способом. / Зб. наук. праць Луганського сільськогосподарського ін-ту, Вид. ЛСПІ, 1998. - №2 (4). - С. 13-17. **11.** Основы повышения точности электрохимического формообразования / Ю.Н. Петров, Г.Н. Корчагин, Г.Н. Зайдман, Б.П. Саушкин; Под ред. И.И. Мороза. - Кишинев: Штиинца, 1977. - 152с **12.** Давыдов А.Д., Плесков Ю.В., Графов Б.М., Лейкис Д.И. Борис Николаевич Кабанов (100 лет со дня рождения) //Электрохимия, 2004. - Т.40. - №12. - С.1435 - 1437. **13.** В дебрях трибологии // 5-е колесо [Электронный ресурс] - [www.Finics](http://www.Finics.ru) / ru. - 1-2, 2002. **14.** Басін В.С. Ринкові критерії надійності сільськогосподарської техніки. /Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва». - Харків.: ХНТУСГ, 2010. - С.313-316. **15.** Плесков Ю.В., Скундин А.М. Международный симпозиум по новейшим достижениям в электрохимической науке и технологии (12-15 августа 2009 г., Сиань, КНР) //Электрохимия. - Т.46, №3, 2010. - С. 383-384. **16.** Хроника научной жизни. Новости международного совета по трибологии. О присуждении Золотой медали по трибологии за 2009 год И.Г. Горячевой // Трение и износ. - Т.30, №6, 2009. - С. 626-627. **17.** Болдар Л.Н., Кузьмін Р.Б., Правенький В.В. Концепція забезпечення якості складної с/г техніки, обладнаної вітчизняними ДВЗ./Міжн. зб. наук. праць »Прогресивні технології і системи машинобудування» - Донецьк: ДонНТУ, 2010. Вип. 39.-С.23-29. **18.** Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. Материаловедение. - М.: Машиностроение, 1989. - 456 с. **19.** К. Энглиш. Поршневые кольца / Пер. с нем. Под ред. В.К. Житомирского. - М.: Машгиз, 1963. - Т.2. - 368 с. **20.** Молдаванов В.П. и др. Производство поршневых колец двигателей внутреннего сгорания. - М.: Машиностроение, 1980. - 199с. **21.** Горев В.В., Филиппов В.В., Тезиков Н.Ю. Математическое моделирование при расчетах и исследованиях строительных конструкций: Учебн. пособие. - М.: Высшая школа, 2002. - 206 с. **22.** Тракторные дизели: Справочник / Под общ. ред. Б.А. Взирава. - М.: Машиностроение, 1981. - 535 с.

СИМБІОЗ ЕЛЕКТРОХІМІЇ, ТРИБОЛОГІЇ І ХІММОТОЛОГІЇ

Болдар Л.Н., Гречишкін С.С., Щербак О.А. (ЛНАУ, м. Луганськ, Україна)

Аннотація. Обґрунтована необхідність запровадження при ремонті комбайнових і автотракторних двигунів технології взаємного доведення деталей, яка виконується в процесі збирання двигунів і розглядається як результат зкерованого симбіозу між просторовою електрохімічною обробкою і хіммотологією для розв'язання триботехнічної проблеми прискорення структурної адаптації матеріалів деталей між собою та з середовищем.

Ключові слова: електрохімія, трибологія, хіммотологія, дизель, доводка, поршневе кільце, чавун, пружність

СИМБИОЗ ЭЛЕКТРОХИМИИ, ТРИБОЛОГИИ И ХИММОТОЛОГИИ

Болдар Л.Н., Гречишкин С.С., Щербак О.А. (ЛНАУ, г. Луганск, Украина)

Аннотация. Обоснована необходимость внедрения при ремонте комбайновых и автотракторных двигателей технологии взаимной доводки деталей, которая выполняется в процессе сборки двигателей и рассматривается как результат управляемого симбиоза между пространственной электрохимической обработкой и химмотологией для решения триботехнической проблемы ускорения структурной адаптации материалов деталей между собой и со средой.

Ключевые слова: электрохимия, трибология, химмотология, дизель, доводка, поршневое кольцо, чугун, упругость

Надійшла до редколегії 16.12.2010.