

**МАШИНОБУДУВАННЯ, МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТРАНСПОРТНІ
ТЕХНОЛОГІЇ**

DOI 10.31891/2307-5732-2021-295-2-275-277

УДК 621.432.001.2

Б.С. БРАЦЛАВЕЦЬ

Вінницький національний аграрний університет

**РОЗРОБКА МЕТОДУ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЗАГАРТОВАНИХ
ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ**

Зношування циліндрів при терті в парі з поршневым кільцем відбувається в результаті багатьох одночасних процесів. Тому робоча поверхня гільз повинна мати високу твердість, що досягається поверхневим гартуванням.

Ключові слова: трактор, гільзи, циліндри, контроль, якість, експлуатація, метал.

B.S. BRATSLAVETS

Vinnytsia National Agrarian University

**DEVELOPMENT OF THE METHOD OF NON-DESTRUCTIVE QUALITY CONTROL OF HARDENED CYLINDER
SLEEVE OF AUTOTRAKTOR EQUIPMENT**

The main part of tractor engines is the cylinder liner, which depends on the life of the machine as a whole. It is made of gray cast iron (Sch20 DSTU 1412-85) with the addition of alloying elements and subjected to the working surface of HDTV hardening. Now quality control is carried out by destructive methods (assessment of hardness, durability, structure) on specially cut templates on 1 piece. from a party to 80-100 pieces of each melting. Such control does not ensure the reliability of products, both in the quality of the base metal and heat treatment. The solution to this problem is possible by developing non-destructive quality control of each product in different periods of the process process with assessment of the properties and stress level of both the base metal (corresponding to the outer surface) and the hardened layer (inner working surface).

The intensity of cylinder wear depends on the conditions of friction of the cylinder-piston ring, which are affected by the design features of the engine (power, speed, compression ratio, cooling system, as well as fuel supply and combustion, air and oil purification system), quality of fuel and oil, operating conditions and wear resistance of the cylinder material. Wear of cylinders during friction paired with a piston ring during engine operation occurs as a result of a combination of many processes occurring simultaneously: destruction of microprojections of surfaces that are destroyed by repeated plastic deformation during engagement, as well as the destruction of tired origin; setting of the material of the microprojections with subsequent deep tearing of the metal particles during the destruction of the setting unit; accumulation of abrasive particles that contribute to the intensification of wear; abrasive action of dust particles, contribution products, solid inclusions on the surface of collapsing bodies; chemical corrosion under the influence of high temperatures of gaseous products of fuel combustion; electro-chemical corrosion from the action of acids formed during the dissolution of gaseous products in condensed water vapor on the walls of the cylinders.

Key words: tractor, liners, cylinder, control, quality, maintenance, metal.

Вступ

Основною деталлю двигунів тракторів є гільза циліндрів, від якої залежить ресурс машини в цілому. Її виготовляють із сірого чавуну (СЧ20 ДСТУ 1412-85) з добавкою легуючих елементів і піддають робочу поверхню загартовування ТВЧ. Зараз контроль якості здійснюється шляхом руйнівних методів (оцінка твердості, міцності, структури) на спеціально вирізаних темплетях по 1 шт. від партії до 80–100 штук кожної плавки. Такий контроль не забезпечує надійності продукції, що випускається, як за якістю основного металу, так і термообробки. Вирішення цієї проблеми можливим шляхом розробки неруйнівного контролю якості кожного виробу в різні періоди маршруту технологічного процесу з оцінкою властивостей і рівня напруженого стану як основного металу (відповідає зовнішній поверхні), так і загартованого шару (внутрішня робоча поверхня).

Інтенсивність зносу циліндрів залежить від умов тертя пари циліндр – поршневе кільце, на які впливають конструктивні особливості двигуна (потужність, число обертів, ступінь стиснення, система охолодження, а також подачі та спалювання палива, система очищення повітря та олії), якість застосованого палива та олії, умови експлуатації та зносостійкість матеріалу циліндрів. Зношування циліндрів під час тертя в парі з поршневым кільцем під час роботи двигуна відбувається в результаті поєднання багатьох процесів, що одночасно протікають [1–5]: руйнування мікроставів поверхонь, що руйнуються за рахунок багаторазового пластичного деформування при зачепленні, а також руйнування втомленого походження; схоплення матеріалу мікроставів з подальшим глибинним вирином частинок металу при руйнуванні вузла схоплення; накопичення абразивних частинок, що сприяють інтенсифікації зносу; абразивної дії частинок пилу, продуктів внеску, твердих включень на поверхні тіл, що руйнуються; хімічної корозії під впливом високих температур газоподібних продуктів згоряння палива; електро-хімічної корозії від дії кислот, утворюються при розчиненні газоподібних продуктів у сконденсованих на стінках циліндрів парах води.

Викладення основного матеріалу

Залежно від умов роботи двигуна один із зазначених процесів може бути превалюючим в

зношуванні циліндрів. У момент холодного пуску двигуна, коли на стінках циліндрів конденсуються кислоти, може переважати корозійне зношування. Після накопичення в олії продуктів внеску та пилу (особливо при несправних олійних і повітряних фільтрах) може переважати абразивне зношування.

Оцінити питомий час переважання кожного з процесів зношування в перебіг всієї експлуатації двигуна і тим більш оцінити частку зносу при цьому важко навіть для одного типу двигуна і для вихідних умов експлуатації. Саме цим пояснюється відмінність думок про переважаючий фактор у зносі циліндрів.

Як було показано вище, гільзи циліндрів працюють у важких умовах. На них діють як сили тертя, так і знакозмінні навантаження. Тому робоча поверхня гільз повинна мати високу твердість, що досягається поверхневою загартовуванням. Цей спосіб передбачає використання для їх виготовлення сірого чавуну (різного ступеня легування), а також термічну обробку зі зміцненням тільки поверхневих шарів, в результаті чого змінюється структура і підвищується твердість. Як правило, гільзи циліндрів виготовляють відцентровим методом лиття, що забезпечує формування однорідної структури та властивостей на робочій поверхні.

В даний час при термообробці гільз досить широко застосовують індукційний метод гарту струмами високої частоти (ТВЧ). Після відпрацювання режиму індукційний поверхневий загартовування забезпечується висока якість виробів і досить стабільні результати порівняно з іншими методами обробки. Вона сприяє підвищенню опору зношування і втомленому руйнуванню, знижує можливість деформацій, не викликає помітного окислення і обезвуглеводнення при обробці та експлуатації. Крім того, завдяки нагріву тільки поверхневих шарів зменшуються витрати енергії на обробку.

Головною відмінністю індукційного нагрівання від різних зовнішніх джерел тепла (в печах та інших нагрівальних пристроях) є виділення тепла безпосередньо в самому металі. При індукційному нагріванні реалізується можливість значної концентрації електричної енергії в невеликому обсязі металу, що дозволяє здійснювати нагрів з великою швидкістю.

Суть індукційного нагріву полягає в наступному. По провіднику (індуктору) проходить змінний електричний струм високої частоти. У цей час навколо індуктора утворюється змінне електромагнітне поле, силові лінії якого пронизують деталь, у поверхневі шари якої виникають вихорі струми (Фуко), що забезпечують нагрів за товщиною шару до високої температури. Критичні точки залізовуглецевих сплавів відповідають температурам, при яких протікають перетворення на умовах повільного нагріву та охолодження.

При виборі температури для швидкісного індукційного нагріву, порівняно з пічним, вносяться поправки, так як обмежений час нагрівання може виявитися недостатнім для завершення фазових перетворень. При індукційному нагріванні чавуну вище критичних точок у металевій основі розчиняється як зв'язаний, так і вільний вуглець у вигляді графіту і окремих включень цементиту. При підвищених температурах прискорюються дифузійні процеси, збільшується вміст вуглецю та легуючих елементів в аустеніті і вирівнюється його хімічний склад. Інтенсивність і ступінь насичення аустеніту залежать від кількості зв'язаного вуглецю (перліту) і графітових включень у вихідній структурі чавуна, температури і швидкості індукційного нагрівання [8]. При виготовленні та подальшій термообробці в гільзах можливо виникнення різного роду дефектів (тріщини, зміни в структурі, пов'язані з формуванням неоднорідних зон, а також занадто малих або великих значень глибини зміцненого шару та ін.).

Під час розробки неруйнівного контролю якості проводять статистичні дослідження 120 гільз циліндрів тракторних (70 шт.) і автомобільних (50 шт.) двигунів. При цьому аналізували здавальні характеристики, структуру, твердості, хімічний склад металу і зіставляли їх з показаннями коерцитивної сили (H_c).

Оскільки замірювана область H_c відповідає розміру шупів приладу, то оцінку структури, властивостей виробляли по 10 зонах, що характеризують всю цю площу, а потім показники усереднювали. Встановили, що коерцитивна сила (H_c) змінюється залежно від кристалізованих форм, розподілу та якості графіту, частки карбідної фази, кількості фериту і властивостей фаз матриці (перліт, тростит, мартенсит). Частка залишкового аустеніту мала. Аналізуються зв'язки: форма графіту – коерцитивна сила; кількість графіту – коерцитивна сила; частка фаз матриці – коерцитивна сила; мікротвердість фаз – коерцитивна сила. Крім того, досліджуючи зміни в загартованому шарі відносно основної матриці, а також вплив матриці на властивості і H_c .

Глибина проникнення імпульсів струму у виріб обмежена і дорівнює 3 мм, тому вимірювання виробляють з двох сторін гільзи (зовнішньої і внутрішньої), оскільки імпульси охоплюють як загартовану область, так і не термооброблену. Показано глибину загартованого шару змінюється. Тому при вимірах захоплюється і частина не термообробленого шару. Для з'ясування впливу гарту на показання коерцитивної сили аналізують шари: загартований + сирий порівняно з сирым.

Глибина зміцненого шару не однорідна, тому в завдання дослідження входила оцінка впливу і цього фактора на зміну величини коерцитивної сили.

Такий методичний підхід і аналіз перелічених зв'язків дозволили оцінити внесок структурного фактора, властивостей, глибини гарту, а також товщини стінки на зміну рівня H_c . Це лягло в основу розробки норм при оцінці якості загартованих гільз циліндрів.

Вимірювання коерцитивної сили показало розкид показань в межах від 13,7 до 16,2 А/см на поверхні, підданій загартовуванню ТВЧ і від 10,9 до 13 А/см на зовнішній – не оброблений.

Видно, що значення коерцитивної сили на термопідсиленій поверхні дещо вище, ніж на нетермопідсиленій. З цього випливає, що свідчення коерцитиметра безпосередньо залежать від твердості.

Статистичний аналіз коерцитивної сили і твердості дозволяє розділити гільзи на три вибірки:

- перша - коерцитивна сила має мінімальні значення ($< 14,8$ А/см), при цьому рівень твердості також знижується до рівня нижньої межі допустимих значень за вимогами ТУ;

- друга - значення твердості відповідають середнім значенням вимог ТУ (40-42HRC) і коерцитивній силі від 14,8 до 15,8 А/см;

- третя - значення коерцитивної сили і твердості максимальні, відповідаючи рівню ближче до верхньої межі (60HRC – твердість; $> 15,8$ і до 16,2 А/см – коерцитивна сила).

Детально розглянули ті вибірки, які мали відхилення по ТУ. Для цього за місцем заміру твердості зробили шліфи і оцінили структуру. На значення коерцитивної сили і твердості гільзи, не піддані термообробці, впливають різні фактори. Так, при зміні твердості можуть бути викликані ліквідацією вуглецю і, як наслідок, появою грубого первинного графіту. Також була виявлена підвищена пористість металу, що призвело до зниження твердості. Збільшення твердості у нетермооброблених гільз вище вимог ТУ (> 269 HB) визначається скупченнями нітридів і карбонітридів титану, які виділяються як у вигляді окремих включень, так і скупчень. У останньому випадку це призводить до появи значень твердості, рівних 277–295 HB, що перевищує вимоги ТУ. Спостережуване пов'язане з ліквідаційними явищами і може бути віднесено до нерівномірного розподілу модифікатора при виробництві гільзи. Як у першому, так і в другому випадку коерцитиметр відреагував на свідчення твердості і виявив низькі і високі значення. Максимальне значення твердості загартованої поверхні при статистичній обробці не перевищує 53 HRC. Також приводять коливання твердості до зміни рівня коерцитивної сили. Збільшення глибини загартованого шару до 2,02 мм призводить до зменшення твердості на 15% та зменшення значень коерцитивної сили до 18%. У термооброблених гільз в місцях розташування буртів розкид значень коерцитивної сили перевищує 20%. Оцінка коерцитивної сили по центру гільзи показала, що вона однорідна і інтервал значень знаходиться в межах 13,7–16,2 А/см, що відповідає необхідній твердості по ТУ. Ці свідчення можуть бути прийняті в якості норм при оцінці якості (однорідності властивостей) гільзи, піддані термообробці.

Висновки

1. Виконання статистичного аналізу якості загартованих гільз циліндрів дозволяє оцінити рівень їх якості (твердість, структуру, дефекти) на відповідність вимогам технічних умов (ТУ).

2. На основі даних про якість і властивостях таких гільз встановлюються закономірності впливу різних факторів на наявність коерцитивної сили.

3. Зміна структури впливає на рівень твердості, а отже, і коерцитивної сили.

4. Показано, що відхилення у властивостях загартованих гільз циліндрів пов'язані зі структурою і дефектами робочої поверхні, а також маршрутом технології процесу їх виробництва.

5. Роботу доцільно продовжити у напрямку встановлення норм неруйнівного контролю при ремонті, відновленні, технічному обслуговуванні двигуна.

Література

1. Придвижкин В.А. Экспертиза промышленной безопасности технических устройств буровых установок : учебное пособие / В.А. Придвижкин, С.Г. Бабин, Ю.Р. Гарин ; под ред. А.И. Владимирова, В.Я. Кершенбаума. – М. : Национальный институт нефти и газа, 2005. – 80 с.
2. Коллакот Р. Диагностика повреждений / Р. Коллакот ; пер. с англ. – М. : Мир, 1998. – 512 с.
3. Маслова В.А. Термография в диагностике и неразрушающем контроле / Маслова В.А., Стороженко В.А. – Харьков : Компания СМІТ, 2004. – 160 с.
4. Вавилов В.П. Тепловизоры и их применение / Вавилов В.П., Климов А.Г. – М. : Интел универсал, 2002. – 88 с.
5. Лыков А.В. Теория теплопроводности / Лыков А.В. – М. : Высш. шк., 1967. – 599 с.
6. Стороженко В.А. Подходы к созданию стандартных образцов для теплового неразрушающего контроля / В.А. Стороженко, Н.Ф. Хорло, С.Н. Мешков, В.А. Маслова // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2005. – № 1. – С. 21–25.

References

1. Pridvizhkin V.A. Ekspertiza promysh-lennoj bezopasnosti tehnikeskikh ustrojstv burovyh ustanovok : uchebnoe posobie / V.A. Pridvizhkin, S.G. Babin, Yu.R. Garin ; pod red. A.I. Vladimirova, V.Ya. Kershenbauma. – M. : Nacionalnyj institut nefti i gaza, 2005. – 80 s.
2. Kollakot R. Diagnostika povrezhdenij / R. Kollakot ; per. s angl. – M. : Mir, 1998. – 512 s.
3. Maslova V.A. Termografiya v diagnostike i nerazrushayushem kontrole / Maslova V.A., Storozhenko V.A. – Harkov : Kompaniya SMIT, 2004. – 160 s.
4. Vavilov V.P. Teplovizory i ih primenenie / Vavilov V.P., Klimov A.G. – M. : Intel universal, 2002. – 88 s.
5. Lykov A.V. Teoriya teploprovodnosti / Lykov A.V. – M. : Vyssh. shk., 1967. – 599 s.
6. Storozhenko V.A. Podhody k sozdaniyu standartnykh obrazcov dlya teplovogo nerazrushayushogo kontrolya / V.A. Storozhenko, N.F. Horlo, S.N. Meshkov, V.A. Maslova // Tehnicheskaya diagnostika i nerazrushayushij kontrol. – 2005. – № 1. – S. 21–25.