

УДК 621.43.

Э.К. Посвятенко, С.Н. Литвин, В.Г. Гончаров

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА РАБОТЫ ЦИЛИНДРО - ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ГАЗОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Розсмотрены вoпросы совершенствования основной детали цилиндра - поршневой группы поршневого газового двигателя – гильзы рабочего цилиндра путем дискретного упрочнения ее рабочей поверхности. Сущность процесса заключается в том, что упрочнение рабочей поверхности детали производят дискретно в виде макролегированных островков, существенно отличающихся от основного материала, как по механическим свойствам, так и по химическому составу. Необходимость повышения надежности гильзы цилиндров применительно к газовым двигателям вызвана возможным возникновением детонации при отказах в системах двигателя. Рассмотренный метод упрочнения позволяет значительно повысить надежность работы гильзы цилиндра без изменения ее габаритных размеров.

Введение

Гильзы цилиндров газовых поршневых среднеоборотных двигателей, как и большинства поршневых двигателей внутреннего сгорания, рассматриваются, как правило, как цельная деталь, изготовленная из одного материала. На практике этим материалом является чугун, а в ряде случаев высокопрочный чугун, легированный редкоземельными элементами. Гильзы цилиндров во время работы подвержены значительным механическим и тепловым нагрузкам, а также износу. Основной особенностью гильзы цилиндра является то, что наружная и внутренняя поверхности работают в различных условиях, а, соответственно, к ним необходимо предъявлять различные требования.

Анализ публикаций и опыта эксплуатации

Практика эксплуатации поршневых двигателей внутреннего сгорания различного назначения [1,2,3,4] показывает, что в 80 случаях из 100 они выходят из строя по причине отказа узлов трения в результате износа поверхности трения или поломки, вызванной им. Основные технико-экономические показатели двигателей различного назначения, эксплуатирующихся в Украине, находятся на уровне большинства зарубежных образцов. При этом большинство авторов, отмечая простоту и высокую ремонтпригодность отечественных двигателей, отмечают нестабильность их качества и ресурсных показателей. Ресурс до первого капитального ремонта стационарных и судовых среднеоборотных двигателей составляет 60000...70000 ч, т.е. при среднегодовой наработке 4000 ...5000 ч двигатель должен работать без капитального ремонта 12...15 лет. Ресурс до первого ремонта тепловозного двигателя, установленный заводом-изготовителем, составляет 8000...9000 ч, т.е. срок, практически равный амортизационному сроку службы транспортной техники и ее нормативам надежности [5,6]. Однако в реальной эксплуатации происходит значительное ухудшение как мощностных, так и экономических показателей двигателей.

Ситуация с газовыми двигателями является более сложной, так как в процессе работы двигателя на газообразных топливах при возникновении нарушений в работе топливоподающей системы и системы регулирования возможно возникновение детонации, вызывающей рост максимального давления сгорания в 1,5...2 раза. На рис.1 и 2 показаны дефекты гильз рабочего цилиндра двигателя ЧН25/34, вызванные детонацией.



Рис.1. Гильза рабочего цилиндра двигателя ЧН25/34 с вертикальной трещиной



Рис.2. Задир рабочей поверхности гильзы рабочего цилиндра двигателя ЧН25/34

На рис.3 показаны дефекты гильзы рабочего цилиндра двигателя Perkins 4016E-61NRC, серийный номер DIG162009U1123JC, вызванные детонацией в результате чего, кроме задиров рабочих поверхностей гильзы цилиндра и поршня, наблюдались и более тяжелые разрушения, вызванные обрывом шатуна.



Рис.3. Задир рабочей поверхности и повреждения гильзы рабочего цилиндра газового двигателя Perkins 4016E-61NRC

Длительная работа газового двигателя с детонацией не допустима, но ее невозможно избежать в ряде ситуаций, например, при выходе из строя свечи зажигания в период после отказа до остановки или снижения нагрузки, чрезмерном обеднении газоподводящей аппаратуры до выхода с данных режимов. Поэтому, учитывая возможность ее краткосрочного возникновения, необходимо предусмотреть меры по повышению надежности деталей цилиндро-поршневой группы газовых двигателей, в частности работы гильзы рабочего цилиндра. Кроме выхода из строя, наблюдается и ускоренный износ гильз газовых двигателей, связанный с повышенной тепловой напряженностью газовых двигателей по сравнению с дизельными. В связи с этим, вопрос повышения надежности работы гильзы рабочего цилиндра газовых двигателей является очевидным.

Цель и постановка задачи

Из вышеизложенного следует, что снижение износа рабочих поверхностей деталей, снижение влияния на них термомеханических напряжений и, при возможности, уменьшение коэффициента трения в парах трения является актуальной задачей для двигателестроения.

Эта задача в настоящее время решается двумя основными способами – конструкторским и технологическим.

Конструкторские разработки последних лет полностью обеспечивают механическую надежность машин с позиции их прочностных свойств и как пример можно привести применение многослойных гильз. Но износостойкость деталей и трибосистемы в целом остается на недостаточно высоком уровне.

Технологическим методом повышения износостойкости деталей машин на протяжении длительного времени в машиностроении являлось повышение твердости трущихся поверхностей деталей. Многолетний опыт свидетельствует, что это направление позволило в достаточно большой степени повысить надежность трущихся деталей, но в настоящее время оно себя почти полностью исчерпало. Не решает в полной мере проблему и использование заготовок с центробежного литья. Постоянное стремление к уменьшению массы машин и повышению интенсификации рабочих процессов привело к увеличению давлений в узлах машин и скоростей скольжения, ухудшило условия смазки. Кроме того, требование к повышению КПД механизмов привело к тому, что традиционные методы увеличения износостойкости деталей повышением их твердости во многих случаях перестали себя оправдывать.

Учитывая потребность технологических методов повышения износостойкости деталей машин, необходимо рассмотреть новые прогрессивные методы повышения износостойкости.

Изложение основного материала

Одним из перспективных методов одновременного повышения износостойкости и усталостной прочности деталей машин и трибосистем в целом является метод дискретного упрочнения.

Сущность процесса заключается в том, что упрочнение рабочей поверхности детали производят дискретно в виде макролегированных островков, существенно отличающихся от основного материала как по механическим свойствам, так и по химическому составу (рис.4.).

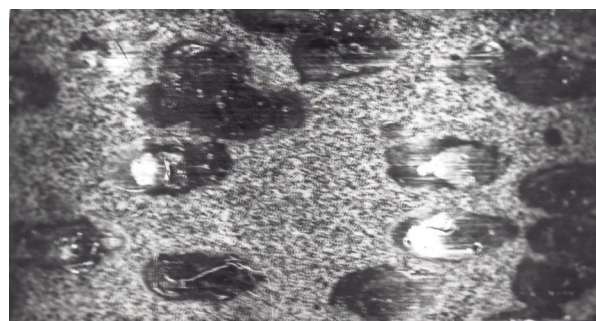


Рис.4. Дискретное упрочнение рабочей поверхности детали

Влияние дискретного упрочнения на чугунные детали

С целью определения влияния дискретного упрочнения на характеристики чугуна были проведены лабораторные исследования.

Металлографические, рентгеноструктурные и микрорентгеноструктурные исследования образцов, а также триботехнические характеристики материалов образцов проводились по принятым методикам.

Согласно полученным данным (рис.5) установлено, что предел выносливости для чугунных образцов (нормализация + высокий отпуск), серия 1, составляет 200 МПа. Наличие на поверхности таких образцов точечных литейных дефектов (серия 2) понижает предел выносливости до 140 МПа. Результаты, полученные для чугунных образцов серии 1, совпадают с приведенными ранее характеристиками усталостной прочности для образцов аналогичного химического состава и термической обработки (кривая 5, $\sigma_{-1}=170$ МПа) [7]. При этом установлено, что образцы с дискретным упрочнением (серия 3) имеют долговечность, находящуюся в поле рассеяния результатов для чугунных образцов без дискретного упрочнения (кривая 3, $\sigma_{-1}=190$ МПа). Наличие не выведенных финишной обработкой дефектов поверхности (серия 4) приводит к понижению усталостной прочности образцов с дискретным упрочнением (кривая 4, $\sigma_{-1}=120$ МПа).

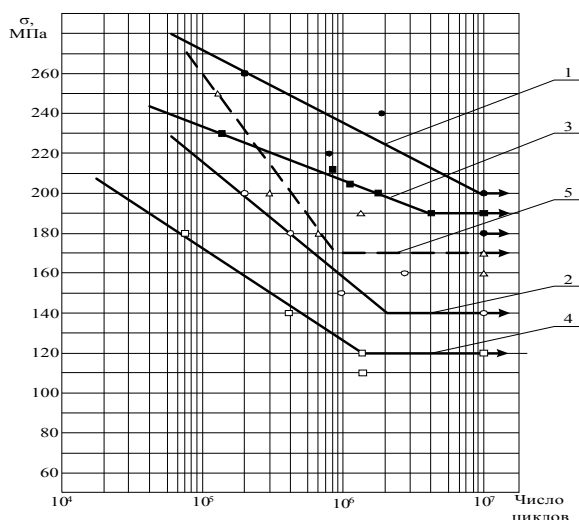


Рис.5. Зависимость величины предела усталости от числа циклов:

1 – серия образцов 1; 2 – серия образцов 2; 3 – серия образцов 3; 4 – серия образцов 4; 5 – результаты исследований проведенных ранее

Кроме того, важным фактором является место разрушения при усталостных испытаниях образ-

цов. Данные исследований, приведенные в работе [8], свидетельствуют о том, что при упрочнении образцов из высокопрочного чугуна закалкой ТВЧ и лазерной закалкой граница упрочненного слоя является технологическим концентратором остаточных растягивающих напряжений, что является причиной снижения усталостных характеристик материала.

При испытании на усталостную прочность образцов с дискретным упрочнением разрушение ни в одном случае не произошло по границе упрочненной зоны с основным металлом. Полученный результат дает основание полагать, что граница между упрочненным слоем и основным материалом не является технологическим концентратором, понижающим усталостную прочность при дискретном упрочнении, поэтому данный способ можно рекомендовать для упрочнения других металлов.

Таким образом, результаты исследования усталостной прочности испытуемых образцов свидетельствуют о том, что дискретное упрочнение не снижает усталостную прочность в сравнении со стандартными видами упрочнения.

Данные результаты подтверждены широко-масштабными производственными испытаниями и внедрениями в производства дизелестроительных, станкостроительных, металлургических, тепловоз- и судоремонтных предприятий.

Исследование триботехнических характеристик образцов, изготовленных из чугуна различных серий, показало, что дискретное упрочнение позволяет повысить:

- износостойкость в 8–10 раз по сравнению со стандартной технологией (нормализация + высокий отпуск) и в 1,3–1,5 раза по сравнению с закалкой ТВЧ;
- задиристость и нагрузочную способность в сравнении с нормализованным и закаленным состоянием;
- абразивную износостойкость.

Необходимо также отметить, что рабочие поверхности с дискретным упрочнением меньше расположены к образованию и развитию макро- и микротрещин, что существенно повышает надежность работы гильз рабочих цилиндров газовых двигателей в случаях возникновения детонации.

Заключение

1. Гильза рабочего цилиндра газового двигателя испытывает повышенные тепловые и механические нагрузки по сравнению с дизельными двигателями.

2. Необходимость повышения надежности гильзы цилиндров применительно к газовым двигателям вызвана возникновением детонации при возможных отказах в системах двигателя.

3. Использование дискретного упрочнения рабочей поверхности гильзы рабочего цилиндра существенно повышает надежность работы газовых двигателей.

Список литературы:

1. Хейбды М., Чичинадзе А.В. Теоретические основы, Том 1, Справочник по триботехнике в трех томах. М.: Машиностроение, 1989. – 400 с. 2. Гаркунов Д.Н. Триботехника. - М.: Машиностроение, 1985. – 312 с. 3. Чичинадзе А.В. Основы трибологии (трение, износ, смазка.). - М.: Центр «Наука и техника», 1995. – 284 с. 4. Чичинадзе А.В. Не стоит платить за незнание // Инженерная газета – 1994. – № 28. 5. Трактора серии 8100, 8200, 8300 и 8400 (Серийный номер 10001). Руководство по эксплуатации. John Deere Waterloo Works, OMAR 150262. Выпуск G6. Северо – Американское изда-

ние. Напечатано в США. - 1981. 6. Millar G. H. Diesel development in perspective // Diesel Progress of North America, 1995, 7, 44–46. 7. Рабинович А.Ш. и др. Методические указания по классификации и шифровке отказов тракторов. – М.: ГОСНИТИ, 1976. 8. Сковородин В.Я., Тишкин Л.В. Справочная книга по надежности сельскохозяйственной техники. - Л.: Лениздат, 1985. – 204с.

Bibliography (transliterated):

1. Hebdy M., Chichinadze A.V. Teoreticheskie osnovy, Tom 1, Spravochnik po tribotekhnike v trekh tomah. M.: Mashinostroenie, 1989. – 400 s. 2. Garkunov D.N. Tribotekhnika. - M.: Mashinostroenie, 1985. – 312 s. 3. Chichinadze A.V. Osnovy tribologii (trenie, iznos, smazka.). - M.: Centr «Nauka i tekhnika», 1995. – 284 s. 4. Chichinadze A.V. Ne stoit platit' za neznanie // Inzhenernaya gazeta – 1994. – № 28. 5. Traktora serii 8100, 8200, 8300 i 8400 (Serijnyj nomer 10001). Rukovodstvo po jekspluatácii. John Deere Waterloo Works, OMAR 150262. Vypusk G6. Severo – Amerikanskoe izdanie. Napечатано в SShA. - 1981. 6. Millar G. H. Diesel development in perspective // Diesel Progress of North America, 1995, 7, 44–46. 7. Rabinovich A.Sh. i dr. Metodicheskie ukazaniya po klassifikacii i shifrovke otkazov traktorov. – M.: GOSNITI, 1976. 8. Skovorodin V.Ja., Tishkin L.V. Spravochnaja kniga po nadezhnosti sel'sko-hozjajstvennoj tekhniki. - L.: Lenizdat, 1985. – 204s.

Поступила в редакцию 08.07.2014

Посвятенко Эдуард Карпович – доктор техн. наук, профессор Национального транспортного университета, e-mail: natali1963@ukr.net

Литвин Сергей Николаевич – канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедры "Двигатели внутреннего сгорания" Первомайского политехнического института Национального университета кораблестроения им. адмирала С.И. Макарова, e-mail: lsn.rm@rambler.ru

Гончаров Виктор Григорьевич – канд. техн. наук, директор ЧНИПКФ «ТАВИ», e-mail: v.g.goncharov@yandex.ua

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ РОБОТИ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ГАЗОВИХ ДВИГУНІВ

Посвятенко Е.К., Литвин С.М., Гончаров В.Г.

Розглянуто питання вдосконалення основної деталі циліндро-поршневої групи поршневого газового двигуна – гільзи робочого циліндра шляхом дискретного зміцнення її робочої поверхні. Сутність процесу полягає в тому, що зміцнення робочої поверхні деталі виконується дискретно у вигляді макролегованих острівців, що суттєво відрізняються від основного матеріалу, як за механічними властивостями, так і за хімічним складом. Необхідність підвищення надійності гільзи циліндрів газових двигунів викликана можливим виникненням детонації при відмовах у системах двигуна. Розглянутий метод зміцнення дозволяє значно підвищити надійність роботи гільзи циліндра без зміни її габаритних розмірів, що дозволяє його застосування в ході ремонтних робіт в експлуатації.

OPERATION RESOURCE INCREASING IN THE CYLINDER-PISTON GROUP OF GAS ENGINES

Posvyatenko E.K., Lytvyn S.N., Goncharov V.G.

Issues of improving the basic parts of the cylinder-piston group in reciprocating gas engine - working cylinder liner by discrete strengthening its working surface are considered. The essence of the process lies in the fact that the working surface of the work hardening produced in the form of discrete islets makroalloyed substantially different from the basic material, such as mechanical properties and chemical composition. The need to improve the reliability of cylinder liners with regard to gas engines caused the emergence of possible detonation at fault in engine systems. The method of hardening that considered can significantly improve the reliability of the cylinder liner without changing its dimensions.