



IV. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛОБРОБКА

УДК 621.771.07.001.5

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА ПОРШНЕЙ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Ляшенко Борис Артемович, д.т.н., профессор,
Институт проблем прочности им. Г.С. Писаренко НАН Украины
Николайчук Владимир Яковлевич, старший преподаватель,
Винницкий национальный аграрный университет
Ивченко Татьяна Ивановна, к.т.н., доцент
Херсонская государственная морская академия
Михайлюта Сергей Сергеевич, ассистент
Центральноукраинский национальный технический университет

B. Liashenko, Doctor of Technical Sciences, Full Professor
G.S. Pisarenko Institute for Problems of Strength of the National Academy of Sciences of Ukraine

V. Nikolaychuk, Senior Lecturer
Vinnytsia National Agrarian University,

T. Ivchenko, PhD, Associate Professor
Kherson State Maritime Academy

S. Mihaylyuta, Assistant
Central Ukrainian national Technical University

В работе дана характеристика основных направлений повышения ресурса поршней двигателей, рассмотрены их основные достоинства и недостатки. Показано, что технология импульсное азотирование (ИА) является наиболее прогрессивной и конкурентоспособной для повышения теплоустойчивости, износостойкости и долговечности поршней ДВС. При ИА сокращаются затраты электроэнергии в 80 раз и расход легирующих материалов на 90%. В результате испытаний установлено, что износостойкость упрочненного поршня повысилась в 2 раза, а износ сопряжения «кольцо – канавка» в упрочненных поршнях снизился в 4 раза. На упрочненной поверхности поршней отсутствуют трещины, сколы и отслоения, что указывает на их высокую эксплуатационную надежность. Снижение износа в сопряжении «кольцо – канавка» в среднем на 35% позволяет увеличить межремонтный ресурс двигателя с 6000 до 8100 моточасов. На основании результатов экспериментальных исследований установлено, что ИА поршней влияет не только на тепловое напряжение цилиндро-поршневой группы двигателя, а также на его удельную мощность. В результате расчетов установлено, что за счет применения ИА удельная мощность двигателя выросла на 17-25%, а ресурс поршня увеличился в 1,97 раза.

Ключевые слова: поршни двигателей, ресурс, детали цилиндро-поршневой группы, алюминиевые сплавы, ионное азотирование, износостойкость, теплозащитные покрытия

Рис. 4. Літ. 19.

1. Постановка проблемы и ее связь с научными и практическими задачами

Совершенствование автотракторных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) связано с повышением их эксплуатационных характеристик: давления в камере сгорания, числа оборотов коленвала, удельной мощности [1]. Рост эксплуатационных параметров вызывает повышение рабочей температуры конструктивных элементов двигателя, особенно деталей цилиндро-поршневой группы (ЦПГ). В процессе работы детали ЦПГ подвергаются воздействию механических и тепловых нагрузок [2, 3]. На температуру деталей ЦПГ двигателя влияют частота вращения коленвала, среднее эффективное давление, отклонения регулировок, параметры поступающего в двигатель воздуха, противодавление на выпуске отработанных газов, параметры охлаждающей жидкости и масла. Рост рабочих температур деталей ЦПГ вызывает снижение их прочности, износостойкости и долговечности [3].

Повышение мощности ДВС сдерживается прежде всего его низкой долговечностью. Ресурс двигателя определяет поршень, который, по сути, является его «сердцем» и представляет собой часть камеры сгорания ДВС. Поршень является наиболее напряженным элементом ЦПГ двигателя, так как работает в условиях высоких давлений и температур при ограниченной смазке, принимает высокие газовые, инерционные и тепловые нагрузки. Поршень относится к одной из наиболее массовых сменных деталей ДВС [1-3].

Теплота от газов в процессе их сгорания и расширения подводится к днищу поршня. Значения допустимой температуры головки поршня из алюминиевых сплавов (А1-сплавов) составляет



570-620°C, а из чугуна – 720°C [3]. Поршень – наименее охлаждаемая деталь ЦПГ двигателя. Повышение температуры головки поршня приводит к пригоранию поршневых колец, а ухудшение условий теплоотвода – к повышению температуры поршня, увеличению термических деформаций и разрыву масляной пленки [3].

К дефектам поршней ДВС относятся: повреждения днища, зоны компрессионных колец, опорной поверхности поршня, кромки камеры сгорания, поршневого пальца [4]. Для ДВС наиболее характерен износ канавки под первое компрессионное поршневое кольцо. Причиной износа кольцевой канавки при температуре эксплуатации является неравенство твердости сопрягаемых деталей – поршня и кольца. При температуре 568 К в зоне поршневой канавки твердость Al-сплава, из которого изготовлен поршень, составляет 32 НВ, а высокопрочный чугун, из которого изготовлено компрессионное кольцо, имеет твердость 140 НВ. С увеличением температуры различие твердости растет из-за резкой температурной зависимости твердости и ее снижения для Al-сплавов. Таким образом, почти 4-х кратное превышение твердости кольца является основной причиной износа поршневой канавки. Характер взаимодействия деталей ЦПГ и неравенство твердости сопряжения «канавка – кольцо» приводит к неравномерному износу нижней полки поршневой канавки, которая воспринимает давление кольца во время рабочего хода поршня. Из-за неравномерного износа канавки кольцо начинает работать с перекосом своей опорной торцевой поверхности [3-4].

Основные проблемы при разработке поршней двигателей заключаются в: снижении массы поршня, улучшении его теплового состояния, повышении надежности и износостойкости, снижении токсичных выбросов, шума и вибраций [4]. Предпочтение в двигателестроении отдается использованию в качестве конструкционных материалов легких, но прочных Al-сплавов [5]. Широкое применение этих сплавов для изготовления поршней ЦПГ двигателей обусловлено их высокой удельной прочностью и малым удельным весом [5]. В настоящее время уровень форсирования ДВС достиг предела возможности Al-сплавов, недостатком которых является их низкая теплостойкость [5]. Поэтому повышение прочности Al-сплавов необходимо для увеличения срока службы поршней, а следовательно и ресурса двигателей [6]. В связи с этим, разработка технологических решений по увеличению срока службы поршней, в частности, по повышению их теплостойкости является актуальной задачей в области двигателестроения.

2. Анализ исследований и публикаций, в которых рассматривается решение данной проблемы

В практике двигателестроения повышение ресурса поршней можно достичь за счет: совершенствования состава и структуры Al-сплавов (армирование волокнами и дисперсными частицами, создание композиционной структуры) и их легирования [4-9]; применения высокопрочных вставок [4, 6, 10]; разработки прогрессивных систем масляного охлаждения и прогрессивных конструкций составного поршня [7]; использования упрочняющих покрытий [8].

Одно из направлений повышения долговечности поршней, в том числе повышение износостойкости кольцевой канавки, – использование армирования по объему Al-сплава высокомодульными волокнами и дисперсными частицами, т.е. создание композиционных материалов [6-9]. В производстве поршней используют композиты, упрочненные керамическими волокнами Al_2O_3 (10...20%), $Al_2O_3+SiO_2$ (7%), $Al_2O_3+SiO_2$ и нитевидными кристаллами SiC (15%) [7-8]. В качестве арматуры применяют частицы Al_2O_3 , SiC или смесь частиц SiC и Al_2O_3 [7-8]. Для повышения высокотемпературной прочности и износостойкости используют комбинацию волокон $Al_2O_3+SiO_2$ и интерметаллида $NiAl_3$, равномерно распределенные в Al-матрице [6-9]. Разработка Al-сплавов идет по пути их легирования (Ni, Cu, Mg, Mn, V, Ti, B, Cr и Mo), которое обеспечивает повышение их предела прочности σ_b на 13% и предела текучести $\sigma_{0,2}$ – на 10%. Легирование Cr и Mo обеспечивает предел прочности $\sigma_b = 300$ МПа и коэффициент термического расширения (КТР) = $18 \cdot 10^{-6}$ [5-6]. Совершенствование состава и структуры Al-сплавов направлены на повышение их механических свойств [4-7].

Применяют упрочнение зоны кольцевых канавок поршней вставками из композиционных материалов на основе Al-сплавов. Упрочняющей арматурой служат керамические волокна, нитевидные кристаллы и различные дисперсные частицы [8, 9]. К недостаткам поршней из композиционных материалов следует отнести пониженные значения удельной теплопроводности и возможность угрозы закоксовывания кольца [6, 8, 9].

В практике двигателестроения проблему повышения износостойкости поршневой канавки решают заливкой чугунной высокопрочной кольцевой вставки в зону верхней поршневой канавки



при производстве поршня методом литья [10]. В качестве материала вставки применяют высокопрочные сплавы Fe, легированные Cr, Ni, Cu, Mn и Mo. Для повышения износостойкости верхней поршневой канавки применяют плазменно-дуговой переплав зоны канавки с легированием зоны переплава Ni, Cr, Fe на глубину до 10 мм с образованием дисперсных твердых растворов Al, Ni, Cr и Fe. В зоне переплава механической обработкой формируют кольцевую канавку [10]. Высокопрочная вставка повышает износостойкость и обеспечивает равномерность износа поршней ЦПГ, но имеет ряд недостатков: из-за высокой плотности вставки повышается масса поршня, что ведет к росту динамической напряженности ДВС и как следствие – к снижению усталостной долговечности коленчатого вала и повышению износа вкладышей подшипников. Недостатком вставки является ее низкая теплопроводность – в 10 раз меньше, чем у Al-сплава, из которого изготовлен поршень, что является причиной ухудшения теплоотвода поршня через компрессионное кольцо в водоохлаждаемую гильзу цилиндра и как следствие – повышение общей температуры поршня, в том числе, и в зоне верхней поршневой канавки. Технология литья поршня с чугунной вставкой (так называемый альфин-процесс) в 2 раза дороже, чем литье поршня без вставки [10]. Электродуговой переплав с легированием зоны кольцевой канавки сопровождается высокими энергетическими и материальными затратами.

Одним из направлений повышения долговечности поршня является применение масляного охлаждения [11]. С этой целью поршень выполняется с кольцевой полостью масляного охлаждения под днищем и в зоне пояса компрессионных колец. Поршень охлаждается струями масла из форсунок, расположенных в картере рядом с коленчатым валом [11]. Применение систем масляного охлаждения усложняет конструкцию поршня и двигателя. Реализация принципа масляного охлаждения способствует направлению создания составных поршней [6, 11]. При этом стремятся уменьшить массу поршня без повышения термических напряжений из-за различия коэффициентов термического растяжения (КТР) составных частей. Конструкция составного поршня обеспечивает приемлемый компромисс между его массой, механическими свойствами, долговечностью, обрабатываемостью и стоимостью [11]. Составная конструкция поршня состоит из двух частей: высокопрочной и жаропрочной головки с поясом кольцевых канавок и бобышками под поршневой палец и юбки из Al-сплава. Верхняя часть поршня может содержать также камеру сгорания. Материал верхней части – износостойкая высоколегированная сталь, чугун, а также теплоизолирующая вставка, выполненная из керамики. Недостатки составных поршней – усложнение технологии их изготовления, удорожание производства, недостаточная долговечность адгезионного соединения разнородных частей.

Один из эффективных способов снижения теплового напряжения поршней является перераспределение тепловых потоков в деталях за счет нанесения теплозащитных упрочняющих покрытий [12], использование которых ограничено, что является одной из причин недостаточного ресурса ДВС. Поэтому разработка эффективных способов изготовления поршней ЦПГ с покрытиями повышенной износостойкости – одна из важнейших задач повышения срока службы ДВС.

Наиболее распространены гальванические и газотермические методы нанесения покрытий [12]. Для защиты днища от прогара, снижения температуры в зоне первой кольцевой канавки и повышения теплостойкости головки поршня применяют твердое анодирование [13]. Однако, этот процесс является экологически опасным процессом. Положительные результаты при упрочнении полок кольцевой канавки получены при использовании электронно-лучевой технологии [14] и электроконтактного хромирования [15].

Новые возможности для упрочнения поршней и, прежде всего, кольцевой канавки, открывает принцип покрытий дискретной структуры повышенной термомеханической стойкости. Учитывая сложность формы кольцевой канавки поршня ДВС, за основу формирования дискретных покрытий принят метод электроискрового легирования (ЭИЛ), который дискретен по своей природе. Суть принципа – замена традиционного сплошного слоя на слой мозаично-дискретной структуры. Этим повышается адгезионная и когезионная стойкость покрытия за счет ограничения уровня максимальных напряжений как в слое покрытия, так и в адгезионном контакте.

Основной недостаток, присущий всем покрытиям, заключается в их растрескивании и отслоении в условиях эксплуатации [12]. Твердые крупные частицы разрушающегося покрытия, попадая в систему смазки двигателя, повреждают зеркало цилиндра и быстро выводят двигатель из строя.

Наиболее прогрессивной для повышения износостойкости и долговечности поршней ДВС является технология ионного азотирования (ИА), которая проводится в вакууме с использованием азота и смеси аргон-водород в качестве реакционного газа. Эта технология обеспечивает



формирование слоя химических соединений (нитридов алюминия) с повышенной твердостью на А1-сплавах и исключает финишную обработку. В связи с этим повышение теплостойкости поршней ДВС ИА является актуальной задачей.

3. Цель исследований

Повышение теплостойкости поршней импульсным азотированием.

4. Основные результаты исследований

Внедрение технологического процесса импульсного азотирования осуществляли на поршнях двигателя Д 240. Твердость поверхности поршней после ИА в четыре раза превышали твердость материала поршней до азотирования. Результаты исследований контактной выносливости поршней из сплава АЛ-25 представлены на рис. 1.

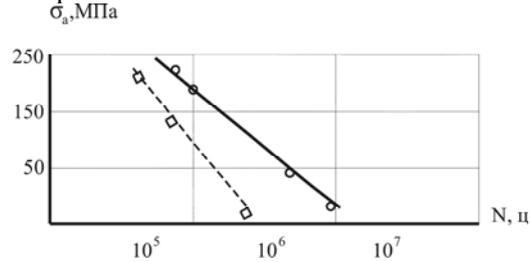


Рис. 1. Контактная выносливость сплава АЛ-25: □ – до упрочнения; ○ – после упрочнения ИА

Критериями оценки поршней после ИА служили износостойкость пары трения и изменение основных эксплуатационных характеристик двигателя, включающих в себя: давление и угар масла, расход топлива, мощность двигателя. Эксплуатационные характеристики двигателя с упрочненными поршнями повысились на 5-40%. Улучшение эксплуатационных характеристик двигателя объясняется снижением суммарного зазора в паре «кольцо – канавка» за счет уменьшения износа кольцевой канавки и кольца.

В практике двигателестроения стендовые испытания являются общепризнанным направлением по оценке новых технических решений при конструировании и изготовлении деталей. Стендовые испытания упрочненных поршней были проведены по методикам ускоренной оценки абразивной износостойкости и ускоренной оценке износостойкости сопряжения «кольцо – канавка»[19]. Результаты измерений основных технических характеристик при испытаниях двигателей с серийными и упрочненными поршнями после 50 часов ускоренных испытаний приведены на рис. 2.

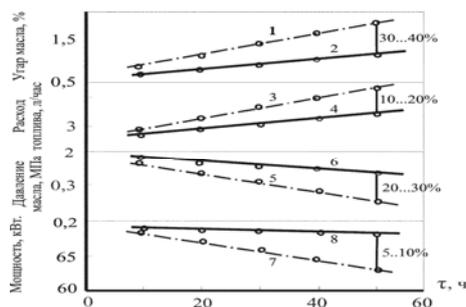


Рис. 2. Эксплуатационные характеристики двигателей с серийными поршнями (1, 3, 5, 7) и поршнями, упрочненными ИА (2, 4, 6, 8)

На рис. 3 приведены результаты стендовых испытаний упрочненных поршней. ИА снижает суммарный износ сопряжения «кольцо – канавка» в среднем на 30-40% (рис. 3, а) и величину зазора в стыках колец на 30-40% (рис. 3, б). Стабилизация формы поршневой канавки после ИА приводит к снижению износа гильзы двигателя на 50-60% (рис. 3, в). За единицу принят суммарный износ сопряжения «кольцо – канавка» серийного поршня двигателя Д-240.

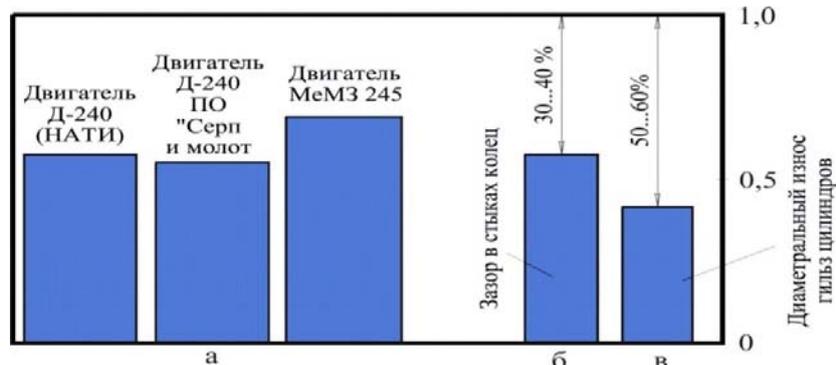


Рис. 3. Результаты стендовых испытаний поршней, упрочненных ИА

Визуальными осмотрами упрочненных поршней установлено отсутствие на поверхности трещин, сколов и отслоений, что указывает на их высокую эксплуатационную надежность. Снижение износа в сопряжении «кольцо – канавка» на 35% позволяет увеличить межремонтный ресурс двигателя с 6000 до 8100 моточасов. Технология ИА обеспечивает износостойкость поршней на уровне с износостойкостью поршней, упрочненных электродуговым переплавом или использованием вставок. При этом расход легирующих материалов сокращается на 90%, а электроэнергии – в 80 раз по сравнению с плазменным переплавом. Повышение сопротивления изнашиванию упрочненных поршней в сравнении с серийными определяли после 50 тыс. км пробега автомобиля ВАЗ-2121 по бездорожью. Износостойкость верхней кольцевой канавки упрочненного поршня и компрессионного кольца, работающего в контакте с упрочненной канавкой, повысилась в 2 раза, а износ сопряжения «кольцо – канавка» снизился в 4 раза. Испытания автомобильных двигателей по европейскому циклу NEDC показали, что около 20% топлива расходуется на преодоление трения. Снизить эти потери можно за счет улучшения триботехнических характеристик поршней ЦПГ двигателей путем их упрочнения технологией ИА. В результате испытаний установлено, что поршни из А1-сплавов с теплозащитными диффузионными ионноазотированными слоями можно использовать при $T = 640^\circ\text{C}$ без снижения эксплуатационных свойств (рис. 4).



Рис. 4. Общий вид поршней двигателей: 1 – без обработки; 2 – после ИА

На основании полученных результатов экспериментальных исследований установлено, что ИА поршней снижает удельную мощность двигателей до 15-17%. Оценка удельной мощности осуществлялась с учетом стандартов и методики испытаний [19]. Испытания проводились при температуре окружающего воздуха $283\text{K} \leq T \leq 313\text{K}$ ($10^\circ\text{C} \leq T \leq 40^\circ\text{C}$) и атмосферном давлении $80\text{ кПа} \leq B \leq 110\text{ кПа}$ ($600\text{ мм рт. ст.} \leq B \leq 825\text{ мм рт. ст.}$). При проведении испытаний температуру охлаждающей жидкости и масла в двигателе поддерживали в пределах, указанных в технических условиях на двигатель. При отсутствии таких указаний температуру охлаждающей жидкости на выходе из двигателя поддерживают в пределах $75-85^\circ\text{C}$, а температуру масла – в пределах $80-100^\circ\text{C}$. Испытательный стенд имел оборудования для измерения следующих показателей: крутящего момента двигателя с точностью $\pm 1\%$; частоты вращения коленчатого вала с точностью $\pm 0,5\%$; расхода топлива с точностью $\pm 1\%$; температуру атмосферного воздуха на входе в двигатель с точностью $\pm 1^\circ\text{C}$; температуры охлаждающей жидкости, масла, топлива с точностью $\pm 2^\circ\text{C}$; барометрического давления с точностью $\pm 200\text{ Па}$; давления масла с точностью $\pm 20\text{ кПа}$.

При испытании определялись скоростные и нагрузочные характеристики двигателя. Для измерения мощности двигателя с использованием тормозного метода использовали стенды КИ-4935, КИ-8927. Крутящий момент двигателя M_k в Нм рассчитывали по формуле:



$$M_k = P_{\text{всс}} \cdot l \quad (1)$$

где $P_{\text{всс}}$ – показания измерительного устройства тормоза, Н; l – плечо весового устройства тормоза.

Среднее эффективное давление в Па составляет

$$D_a = 0,3147 \cdot 10^4 \frac{I_s \tau}{\pi V_e} \text{ Па} \quad (2)$$

где I_s – крутящий момент двигателя, Нм; τ – тактность двигателя; V_e – рабочий объем цилиндра, л; l – число цилиндров.

При испытании дизелей, работающих при полной подачи топлива, мощность, крутящий момент и среднее эффективное давление приводят к стандартным условиям: атмосферное давление $V_0 = 100$ кПа; температура воздуха и дизельного топлива $T_{\text{от}} = T_0 = 298\text{K}$ (25°C); относительная влажность воздуха $c_p = 50\%$; плотность топлива $\rho_{\text{T-25}} = 0,823$ т/м³. Полученные при испытаниях значения мощности, крутящего момента и среднего эффективного давления, для приведения к стандартным условиям, умножают на поправочный коэффициент K_d , который используют в пределах $0,9 \leq K_d \leq 1,1$.

$N_0 = K_d N$;

$$M_{a0} = K_d \cdot M_s \cdot D_{a0} = \tilde{E}_a \cdot D_a \quad (3)$$

где N_0 , M_{a0} , D_{a0} – мощность, крутящий момент и среднее эффективное давление.

По результатам приемочных испытаний определяются значения номинальной мощности, максимального крутящего момента, внешних скоростных характеристик мощности и крутящего момента, которые подтверждаются если их значения, приведенные к стандартным атмосферным условиям отличаются на $\pm 2\%$ от указанных в нормативно-технической документации на двигатель.

5. Выводы

В работе показаны основные направления повышения ресурса поршней ЦПГ двигателей. Показано, что технология ИА является наиболее прогрессивной и конкурентоспособной для повышения теплостойкости, износостойкости и долговечности поршней ДВС. При ИА сокращаются затраты электроэнергии в 80 раз и расход легирующих материалов на 90% по сравнению с плазменным переплавом.

В результате лабораторных и стендовых испытаний определена эффективность упрочнения поршней из сплава АЛ-25 импульсным азотированием: их твердость увеличилась в 4 раза, а износостойкость - в 2 раза; износ гильзы двигателя снизился на 50-60% в результате стабилизации формы поршневой канавки после ИА; эксплуатационные характеристики двигателя повысились на 5-40% при увеличении его межремонтного ресурса с 6000 до 8100 моточасов, что объясняется снижением суммарного зазора в сопряжении «кольцо – канавка» в среднем на 30...40% за счет уменьшения износа как кольцевой канавки, так и кольца в 4 раза.

На упрочненной поверхности поршней отсутствуют трещины, сколы и отслоения, что указывает на их высокую эксплуатационную надежность.

В результате экспериментальных исследований установлено, что ИА влияет не только на тепловое напряжение поршней ЦПГ двигателей, а и на их удельную мощность. В результате расчетов установлено, что за счет применения ИА удельная мощность двигателя выросла на 17-25%, а ресурс поршня увеличился в 1,97 раза.

Список использованных источников

1. Николаенко А.В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей / А.В. Николаенко. – М: Колос, 1984. - 335 с.
2. Гречихин Л.И. Двигатели внутреннего сгорания / Л.И. Гречихин. – Мин: Наука і тэхніка, 1995. – 270 с.
3. Шароглазов Б.А. Тепловое и напряженное состояние поршня дизеля с переменной степенью сжатия / Б.А. Шароглазов, В.М. Сербин // Двигателестроение. – 1989. – № 10. – С. 7-9.
4. Шалай А.Н. Как повысить долговечность поршня? / А.Н. Шалай // Двигателестроение. – 1996. – №2. – С. 42-51.
5. Васенин В.И. Алюминиевый поршневой сплав / В.И. Васенин, А.В. Малеев, В.Н. Шишляев // Сб. избр. научн. тр. преп. и сотр. каф. «Технол. литейн. пр-ва». Перм. гос. техн. ун-т, 2004, № 13, – С. 219-221.



6. Посвятенко Э.К. Тенденции повышения износостойкости поршней ДВС / Э.К. Посвятенко, Е.К. Соловых, Б.А. Ляшенко // Вісник Національного транспортного університету: Ч.1 – К.: НТУ, – 2006. – Вип. 13. – С. 13 – 21.
7. Aluminium alloy composite material with intermetallic compound finely dispersed in matrix among reinforcing elements. Пат. 5449421 США, МКИ С22С21/00. Опубл. 12.09.95.
8. Бендовский Е.Б. Состояние и перспективы совершенствования композиционных материалов на основе поршневых силуминов/Е.Б. Бендовский, В.Н. Платонов, А.Н. Шалай//Двигателестроение. – 1991 – №10-11, – С. 57–60.
9. Дудчак В.П. Відновлення поршнів полімерною композицією на основі фторопласту / В.П. Дудчак // Підвищення надійності відновлюємих деталей: – Вісник ХДТУСГ. – вип. 15.-2003. – С. 157–160.
10. Литейный сплав на алюминиевой основе. Авт. свид. Болгарии № 51113, МКИ С22С21/02, Опубл. 15.02.93.
11. Составной поршень с масляным охлаждением для ДВС. Пат. 1817817 СССР, МКИ Р02Р3/22. Опубл. 23.05.93. БИ №19.
12. Покрытия и их использование в технике / Под ред. В.Т. Трощенко – 2-е изд. – К: Академперіодика, 2006 – С. 981 - 1074.
13. Yamaguchi Hirosh. Технология твердого анодирования и испытания покрытия/Hiroshi Yamaguchi//Intern. Combust. Engine.-1990-29,-№12-Р. 57-62.
14. Кровяков К.С. Упрочнение кольцевых канавок поршня дизеля электронно-лучевой обработкой/К.С. Кровяков, М.В. Радченко//Техн. машиностр. – 2000-№3–С. 23-25.
15. Левченко А.А. Технология электроконтактного хромирования торцов канавок поршневых колец / А.А. Левченко, В.Д. Евдокимов, С.Н. Шакун //Работы в обл. восстан. и упрочн. деталей: Матер. сем. ч. 2 – М: 1991 – С. 42.

References

- [1] Nikolaenko A.V. Teoriya, konstrukciya i raschet avtotraktornyh dvigateley /A.V. Nikolaenko. – М: Kolos, 1984. – 335 p.
- [2] Grechikhin L.I. Dvigateli vnutrennego sgoraniya. Fizicheskie osnovy tehnikoskoy diagnostiki i optimalnogo upravleniya / L.I. Grechikhin. – Min: Navukaitehnika, 1995. – 270 p.
- [3] Sharoglazov B.A. Teplovoe i napryajennoe sostoyanie porshnya dizelya s peremennoy stepenyu szhatiya / B.A. Sharoglazov, V.M. Serbin // Dvigatellestroenie. – 1989. - №10. – P. 7-9.
- [4] Shalay A.N. Kak povysit dolgovechnost porshnya? / A.N. Shalay // Dvigatellestroenie. – 1996. – No. 2. – P. 42-51.
- [5] Vasenin V.I. Alyuminiyevyy porshnevyy splyv. Vasenin, A.V. Maleev, V.N. Shishlyayev // Sb. izbr. nauch. tr. prep. i sotr. kaf. "Technol. liteyn. pr-va ». Perm. gos. tehn. un-t, 2004, No. 13, – P. 219-221.
- [6] Posvyatenko E.K. Tendenciyy povysheniya iznosostoykosti porshney DVS // E.K. Posvyatenko, E.K. Solovykh, B.A. Lyachenko / Visnyk Nacionalnogo transportnogo universitetu: Part 1 – К.: NTU, – 2006. – Vip. 13. – P. 13 – 21.
- [7] Aluminum alloy composite material with intermetallic compound finely dispersed in matrix among reinforcing elements. Pat. 5449421 USA, МКИ С22С21 / 00. Opubl. 12.09.95.
- [8] Bendovsky E.B. Sostoyaniye i perspektivy sovershenstvovaniya kompozitsionnykh materialov na osnove porshnevyykh simulinov / E.B. Bendovsky, V.N. Platonov, A.N. Shalay // Dvigatellestroenie. – 1991 - № 10-11, – P. 57-60.
- [9] Dudchak V.P. Vidnovlennyya porshniv polimernoyu kompositsieyu na osnovi ftoroplastu / V.P. Dudchak // Pidvyshennyya nadiynosti vidnovlyuemykh detaley: - Visnyk HDTUSG. – vip. 15.2003.- С. 157-160.
- [10] Liteyny splyv na alyuminiyevoy osnove. Author. Svid. Bulgaria № 51113, МКИ С22С21 / 02, Opobl. 15.02.93.
- [11] Sostavnoy porshen s maslyanym ohlazhdeniem dlya DVS. Pat. 1817817 USSR, МКИ Р02Р3 / 22. Opubl. 23.05.93. БИ №19.
- [12] Pokrytiya i ih ispolzovanie v tehnikе / Pod red. V.T. Troshchenko – 2-е изд. – То: Akademperiodika, 2006 - P. 981 - 1074.
- [13] Yamaguchi Hirosh. Teknologiyatverdogoanodirovaniya i ispytaniyapokrytiya / Hiroshi Yamaguchi // Intern. Combust. Engine.-1990-29, -12-R. 57-62.
- [14] Krov'yakov K.S. Uprochnenie kolcevykh kanavok porshnya dizelya elektronno-luchevoy obrabotkoy / K.S. Krov'yakov, M.V. Radchenko// Tehn. mashinostr.–2000-№3-S. 23-25.
- [15] Levchenko A.A. Tehnologiya elektrokontaktного hromirovaniya torcov kanavok porshnevyykh kolec: A.A. Levchenko, V.D. Evdokimov, S.N. Shakun // Raboty v obl. vosstanov. i uprochn. detaley: Mater. sem. ch. 2 - M: 1991 - P. 42.



ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ПОРШНІВ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ

У роботі дана характеристика основних напрямків підвищення ресурсу поршнів двигунів. Показано, що технологія імпульсного азотування є найбільш прогресивною і конкурентоспроможною для підвищення теплостійкості, зносостійкості і довговічності поршнів ДВС. При імпульсному азотуванні зменшуються витрати електроенергії в 80 разів і витрата легуючих матеріалів на 90%. В результаті випробувань встановлено, що зносостійкість зміцненого поршня підвищилася в 2 рази, а знос сполучення «кільце - канавка» знизився в 4 рази. На зміцненій поверхні поршнів відсутні тріщини, відколи й відшарування, що вказує на їх високу експлуатаційну надійність; зниження зносу в сполученні «кільце - канавка» в середньому на 35% дозволяє збільшити міжремонтний ресурс двигуна з 6000 до 8100 мотогодин. На підставі отриманих результатів експериментальних досліджень встановлено, що імпульсного азотування поршнів впливає не тільки на тепле напруження циліндро-поршневої групи двигуна, а також на його питому потужність. В результаті розрахунків встановлено, що за рахунок застосування імпульсного азотування питома потужність двигуна виросла на 17-25%, а ресурс поршня збільшився в 1,97 рази.

Ключові слова: поршні двигунів, ресурс, деталі циліндро-поршневої групи, алюмінієві сплави, іонне азотування, зносостійкість, теплозахисні покриття

Рис. 4. Лит. 19.

INCREASING THE PISTON RESOURCE AUTOTRACTOR ENGINES FOR THE ACCOUNT OF APPLICATION OF THERMAL PROTECTIVE COATINGS

In work the characteristic of the basic directions of increase in a resource of pistons of engines is given, their basic advantages and lacks are considered. It is shown that the IA technology is the most progressive and competitive for increasing the heat resistance, wear resistance and durability of the ICE pistons. With the EA, energy costs are reduced by 80 times and the consumption of alloying materials by 90%. As a result of the tests it was found that the wear resistance of the strengthened piston increased by a factor of 2, and the wear of the "ring-groove" coupling in reinforced pistons decreased by 4 times. On the hardened surface of the pistons there are no cracks, chips and peelings, which indicates their high operational reliability; Reducing wear in the interface "ring-groove" an average of 35% allows you to increase the overhaul life of the engine, for example the D-240, - from 6000 to 8100 hours. On the basis of the obtained results of experimental studies, it is established that the piston AI affects not only the thermal stress of the cylinder-piston engine group, but also its specific power. As a result of calculations it was found that due to the use of IA, the specific engine power increased by 17-25%, and the piston resource increased by 1.97 times.

Keywords: engine pistons, service life, cylinder-piston group parts, aluminum alloys, ion nitriding, wear resistance, heat-protective coatings.

Fig. 4. Ref. 19.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Ляшенко Борис Артемович – доктор технічних наук, професор, завідувач лабораторії «Зміцнення поверхні елементів конструкцій» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (вул. Тимирязівська, 2, м. Київ, 01014, Україна, e-mail: Lyashenko@nas.gov.ua).

Ніколайчук Володимир Якович – старший викладач кафедри «Математики, фізики та комп'ютерних технологій» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: nikolaychuk@vsau.vin.ua).

Івченко Тетяна Іванівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Кафедра загальної інженерної підготовки» Херсонська державна морська академія (пр. Ушакова, 20, м. Херсон, 73000, Україна).

Михайлюта Сергій Сергійович – асистент, «Центральноукраїнський національний технічний університет» (пр. Университетський, 8, м. Кропивницький, 25006, Україна).

Ляшенко Борис Артемович – доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией «Укрепление поверхности элементов конструкций» Тернопольского национального технического университета имени Ивана Пулюя (ул. Тимирязевская, 2, г. Киев, 01014, Украина, e-mail: Lyashenko@nas.gov.ua).



Николайчук Владимир Яковлевич – старший преподаватель кафедры «Математики, физики и компьютерных технологий» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: nikolaychuk@vsau.vin.ua).

Ивченко Татьяна Ивановна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Кафедра общинженерной подготовки» Херсонская государственная морская академия (пр. Ушакова, 20, 73000, Украина).

Михайлюта Сергей Сергеевич – ассистент, «Центральноукраинский национальный технический университет» (пр. Университетская, 8, г. Кропивницкий, 25006, Украина).

Lyashenko Boris – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Head of the Laboratory "Strengthening the Surface of Structural Elements" of Ivan Puluj Ternopil National Technical University (2 Timiryazivska St., Kiev, 01014, Ukraine, e-mail: Lyashenko@nas.gov.ua).

Nikolaychuk Volodymyr – Senior Lecturer of the Department of Mathematics, Physics and Computer Technologies, Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnyshchaya str., Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: nikolaychuk@vsau.vin.ua).

Ivchenko Tatyana – PhD, Associate Professor of the department "Department of general engineering training" Kherson State Maritime Academy (20, Ushakova ave., Kherson, 73000, Ukraine).

Mikhailuta Sergiy – Assistant, "Central Ukrainian National Technical University" (8, Universitetsky str., Kropivnitsky, 25006, Ukraine).