

ISSN 2414-3820

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КІРОВОГРАДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**КОНСТРУЮВАННЯ, ВИРОБНИЦТВО
ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ
МАШИН**

Загальнодержавний міжвідомчий
науково-технічний збірник

Заснований у 1971 р.

За загальною редакцією М.І. Черновола

Випуск 46

КІРОВОГРАД • 2016

Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 46. – Кіровоград: КНТУ, 2016. – 332 с.

В збірнику викладені питання конструювання, розрахунку, удосконалення, створення і дослідження нових робочих органів сільськогосподарських машин, засобів механізації, електрифікації та автоматизації сільськогосподарського виробництва. Наведені результати досліджень в галузі технологій виробництва і експлуатації машин та забезпечення їх надійності і довговічності. Викладені практичні рекомендації по використанню результатів досліджень і дослідно-конструкторських розробок в сільськогосподарській і інших галузях машинобудування. Збірник розрахований на наукових та інженерно-технічних працівників науково-дослідних установ, ВНЗ, конструкторських організацій та промислових підприємств.

Рекомендовано до друку Вченою радою Кіровоградського національного технічного університету, протокол від 28 листопада 2016 року № 3.

Редакційна колегія: Черновол М.І., д.т.н., проф. – головний редактор;
Петренко М.М., к.т.н., проф. – заст. головного редактора;
Петренко Д.І., к.т.н. – відповідальний секретар;
Адамчук В.В., д.т.н.;
Бойко А.І., д.т.н., проф.;
Бойко Л.Й., д.т.н. (Білорусь);
Булгаков В.М., д.т.н., проф.;
Гамалій В.Ф., д.ф.-м.н., проф.;
Кропівний В.М., к.т.н., проф.;
Лобачевский Я.П., д.т.н., проф. (Росія);
Носуленко В.І., д.т.н., проф.;
Осадчий С.І., д.т.н., проф.;
Павленко І.І., д.т.н., проф.;
Сало В.М., д.т.н., проф.;
Свірень М.О., д.т.н., проф.
Vladimir Jurcha, д.т.н., проф. (Чехія);
Janusz Nowak, д.т.н., проф. (Польща);
Marian Wesołowski, д.т.н., проф. (Польща);

Адреса редакційної колегії: 25030, м. Кіровоград, пр. Університетський, 8, Кіровоградський національний технічний університет, тел.: 390-581, 390-472, 55-10-49.

Автори опублікованих матеріалів несуть відповідальність за підбір і точність наведених фактів, цитат, економіко-статистичних даних, власних імен та інших відомостей, а також за те, що матеріали не містять даних, які не підлягають відкритій публікації. Редакція може публікувати статті в порядку обговорення, не поділяючи точки зору автора.

Включений до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватись результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук з технічних наук (бюлетень ВАК №5 від 2010р., наказ Міністерства освіти і науки України від 21 грудня 2015 року №1328).

Реєстраційне свідоцтво: серія KB № 15254 – 3826 ПР від 30.04.2009 р.
ISSN 2414-3820

As a result of analytical study examined contactless movement of light impurities when entering multi-grain single layer material, ie flow, in which crops are layers PSC each other with a certain interval and have the same kinematic characteristics.

Based on the theoretical analysis established pattern of interaction of light particles of grain mixture with air flow during flight of contactless multi-grain placing a single layer of material in PSC.

Established that the contactless movement of light impurities in the PSC, regardless of the input area of selection is in the range 0.015 ... 0.05 m, depending on their coefficient of sails.

The goal of future research should be to establish contact interaction of light impurities from the grain mixture and air flow in the multilayer material placed in the PSC.

separation of grain mix, separation, air flow, grain material, pneumatic separating channel (PSC), traffic light impurities

Одержано 10.11.16

УДК 621.923.74:621.921.34

В.Я. Ошовський, доц., канд. техн. наук

Первомайський політехнічний інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м.Первомайськ, Україна

E-mail: oshovskyvik@mail.ru

Підвищення ресурсу колінчастого валу алмазно-дисульфідмолібденовою приробкою поверхонь тертя

Проаналізована дія на ресурс спряження «шийка колінчастого валу – бабітові вкладиші» недостатньої геометричної і механічної якості поверхонь та збільшення зазору при обкатуванні. Запропонована приробка поверхонь тертя алмазно-дисульфідмолібденовим шаржуванням, яке зменшує до початку нормальної експлуатації шорсткість, геометричні погіршеності форми і розташування поверхонь, коефіцієнт тертя та зазор в спряженні. Така обробка попереджує появу задирок і прихватів на поверхні спряження та підвищує зносостійкість без втрати здатності до релаксаційних змін відповідно до дії сил, пов'язаних з геометричними погіршеностями поверхонь.

Проведені випробування підтверджують, що цей метод значно підвищує ресурс спряження.
колінчастий вал, приробка, шаржування, алмазна паста, дисульфід молібдену

В.Я. Ошовский, доц., канд. техн. наук

Первомайский политехнический институт Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова, г.Первомайск, Украина

Повышение ресурса коленчатого вала алмазно-дисульфидмолибденовой приработкой поверхностей трения

Проанализировано действие на ресурс сопряжения «шейка коленчатого вала – бабитовые вкладыши» недостаточного геометрического и механического качества поверхностей и увеличения зазора при обкатке. Предложена приработка поверхностей трения алмазно-дисульфидмолибденовым шаржированием, которая уменьшает до начала нормальной эксплуатации шероховатость, геометрические погрешности формы и расположения поверхностей, коэффициент трения и зазор в сопряжении. Такая обработка предупреждает появление задиров и прихватов на поверхности сопряжения и повышает износостойкость без утраты способности к релаксационным изменениям соответственно к действию сил связанных с геометрическими погрешности поверхностей.

Проведенные испытания подтверждают, что этот метод значительно повышает ресурс сопряжения.

коленчатый вал, приработка, шаржирование, алмазная паста, дисульфид молибдена

Постановка проблеми. Колінчасті вали двигунів внутрішнього згорання та компресорів сільськогосподарських машин є одними з самих відповідальних деталей, які мають ще і найбільшу вартість. Тому підвищення ресурсу їх роботи є актуальною проблемою.

Основними причинами виходу з ладу колінчастих валів є знос і задири шийок, які спостерігаються, наприклад, на всіх типах двигунів та компресорів незалежно від твердості шийок: 67,6% колінчастих валів, які поступають на відновлення, мають величини зносів і відхилень форми шийок менше допустимих. Однак risks і кругові царапини мають 100% колінчастих валів [1].

На ресурс колінчастих валів дуже впливає технологія їх заключної обробки. Окрім того, поверхневий «активний» шар валу неоднорідний за механічними характеристиками і має складну будову [2]. На металевих поверхнях крім забруднень утворюються тонкі плівки молекул, адсорбованих з атмосфери, а також кисневі та інші плівки, які виникають в результаті хімічних реакцій поверхонь з навколишнім середовищем. Може виникати також капілярна адгезія – притягання поверхонь.

На початку експлуатації в процесі приробки обкатуванням м'які виступи мікронерівностей зминаються, а тверді стираються або працюють в ролі оброблюючого інструменту. Утворені частинки попадають у мастило і негативно впливають на всі поверхні тертя – можуть приварюватися до поверхонь з послідуочим відривом, пошкоджуючи поверхні. При пусках і зупинках валу знос підвищується з-за утворених при обкатуванні локальних дефектів і плям контакту та невідповідності зазору умовам рідинного тертя. Отриманий безінструментальною приробкою, оснований на фрикційному ефекті дефектний шар неоднорідний, що підвищує коефіцієнт тертя і зменшує зносостійкість та ресурс валу.

Підвищення геометричних і механічних характеристик поверхонь тертя та зменшення коефіцієнту тертя в процесі приробки поверхонь до експлуатації можуть значно підвищити ресурс колінчастого валу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За принципом Шарпі мікроструктура підшипника ковзання повинна складатися з зносостійких твердих включень та м'якої основи, яка сприятиме релаксаційній зміні геометрії поверхні підшипника відповідно до погіршностей спряженого валу [3]. М'яка основа під дією значних місцевих питомих навантажень, викликаних погіршностями форми, розташування та іншими дефектами поверхні валу при цьому буде змінювати геометричну форму поверхні підшипника відповідно до діючих сил. В результаті релаксаційних змін геометрії поверхні підшипника питомий тиск на всіх ділянках поверхні буде вирівнюватися. Рівномірний в певних межах питомий тиск буде сприяти нормальній роботі підшипника. Класичну будову за цим принципом має бабіт Б83.

На практиці ділянки контактної взаємодії, як правило, дискретні, тобто складаються з сукупності п'ятен контакту [2]. Фактичні тиски на п'ятнах контакту залежать від макро- і мікрогеометрії поверхонь. Самою розповсюдженою причиною дискретності є шорсткість контактуючих поверхонь.

Слід також відмітити, що з-за геометричних відхилень ділянки поверхонь підшипника, на які діє високий питомий тиск швидко нагріваються. В бабіті, наприклад Б83, при температурі вище 110°C твердість зменшується [4], що може сприяти релаксації при достатньо високих місцевих питомих навантаженнях. При обкатуванні металеві частинки, які зрізаються з виступів шорсткості, попадають в мастило, втискаються і занурюються в м'яку основу вкладишів, прихвачуються при терті до поверхні валу та відділяються від неї з виливом металевих частинок з поверхні валу.

Дослідниками пропонуються різні методи підвищення геометричної якості поверхонь тертя для підвищення їх зносостійкості. Утворюють на поверхні підшипника

тонкий поверхневий шар з міцністю менше основного матеріалу [5], виконують біметалізацію робочої поверхні тертя фрикційним латунюванням під впливом сил тертя з притиранням в робочій орієнтації [6] та ін.

Механічні характеристики поверхонь підвищують, наприклад, нанесенням на поверхні твердих порошків плазмовим струменем газу високої температури. Але після цього необхідна механічна обробка твердої поверхні з неоднорідними геометрією та механічними властивостями.

Останнім часом приділяється увага створенню нових технологій зміцнення і підвищення зносостійкості поверхонь, за якими не здійснюється високий температурний вплив на відновлювану деталь і значно підвищується ресурс та довговічність двигунів і агрегатів спеціальної техніки [7].

Кожен з приведених методів не є системним, тобто не сприяє одночасному підвищенню геометричних і механічних характеристик поверхонь та зменшенню коефіцієнта тертя.

Постановка завдання. Метою статті є дослідження методів збільшення ресурсу колінчастих валів двигунів внутрішнього згоряння, компресорів та інших машин, в яких використовуються бабітові підшипники ковзання за рахунок системного підходу до вирішення проблеми – зменшення геометричних погрешностей поверхонь спряження, підвищення зносостійкості поверхневих шарів деталей спряження та зменшення коефіцієнту тертя.

Виклад основного матеріалу. Олов'яні бабіти Б83, Б83С, Б88, БН та ін. використовують для заливання підшипників ковзання колінчастих валів двигунів і компресорів, а також парових турбін, турбокомпресорів та інших відповідальних машин.

На ресурс колінчастого валу, після обробки поверхонь тертя, впливають такі недоліки отриманих геометричних характеристик контактуючих поверхонь шийок валу і вкладишів: відхилення форми, відхилення розташування, хвилястість та параметри шорсткості. Окрім того, на поверхнях спряжень можуть утворюватися припали та ділянки з пониженою твердістю, а на вершинах виступів шорсткості структурні складові з малою мікротвердістю. Ці недоліки значно зменшують дійсну площу контакту поверхонь валу і вкладишів, а таким чином збільшують питомі навантаження на локальних ділянках поверхні контакту, часто більше допустимих [2].

Відомо, що найбільший знос поверхонь тертя посадок з зазором виникає в період, коли робота підшипника не відповідає умовам рідинного тертя.

Умови рідинного тертя знаходяться в інтервалі між мінімальним $S_{min F}$ і максимальним $S_{max F}$ функціональним зазорами і залежать від різних факторів [8,9]

$$S_{min F} = \frac{k\mu_1\omega d^2 - \sqrt{(k\mu_1\omega d^2)^2 - 16ph_{p.m}^2 m\mu_1\omega d^2}}{4ph_{p.m}} \text{ мкм}, \quad (1)$$

$$S_{max F} = \frac{k\mu_2\omega d^2 + \sqrt{(k\mu_2\omega d^2)^2 - 16ph_{p.m}^2 m\mu_2\omega d^2}}{4ph_{p.m}} \text{ мкм}, \quad (2)$$

де k і m – коефіцієнти постійні для даного значення відношення довжини підшипника l до діаметру валу d ;

μ_1, μ_2 – динамічна в'язкість мастила, в умовах роботи підшипника відповідно при мінімальному та максимальному функціональних зазорах, Па·с;

p – середній тиск на одиницю площі проекції опорної поверхні підшипника, Н/м²;

ω – кутова швидкість валу, рад/с,

$$\omega = \pi n, \quad (3)$$

де n – частота обертання валу, с⁻¹.

В числі цих факторів – частота обертання валу n . З приведених формул (1,2,3) слідує, що при зменшенні n зменшуються відповідно величини $S_{min F}$ і $S_{max F}$, які розраховані для числа обертів валу, яке відповідає нормальній функції виробу. В процесі роботи виробу зазор S є постійною величиною, яка поступово змінюється тільки в більшу сторону в процесі зносу поверхонь тертя, в тому числі при обкатуванні. Таким чином при збільшенні числа обертів валу від нуля до мінімального функціонального значення або навпаки, при зменшенні в цьому ж інтервалі, робота підшипника не відповідає умовам рідинного тертя.

Таким чином, аналіз формул (1,2,3) показує, що зменшення числа обертів валу потребує зменшення і функціонального зазору, що в реальних умовах можливо тільки на стадії виготовлення, обробки та приробки поверхонь валу і вкладишів.

На рис. 1 приведені криві інтенсивності збільшення зазору S в спряженні протягом часу роботи τ . Верхня крива відповідає сталому режиму роботи спряження, який включає час на обкатування [10]. Крива збільшення зазору має три явно виражені ділянки часу: початкова до $\tau_{обк}$, яка характеризує процес прироблення спряження в процесі обкатування; проміжна ділянка $\tau_{обк} - \tau$, яка найбільша по тривалості і відповідає періоду нормальної роботи з'єднання; кінцева більше τ , яка відповідає періоду руйнування з'єднання унаслідок зношення його понад допустимої границі.

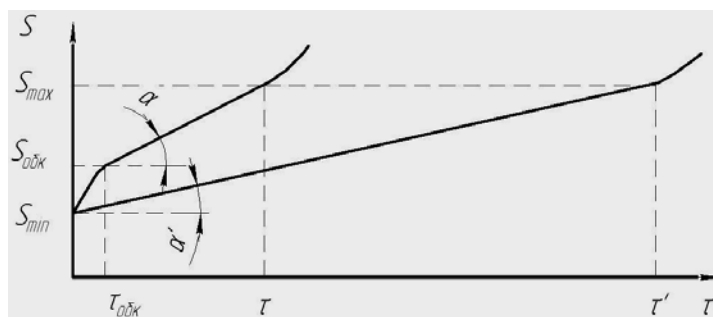


Рисунок 1 – Інтенсивність збільшення зазору (S) в спряженні протягом часу (τ)

Початковий період роботи спряження $\tau_{обк}$ характеризується інтенсивним зношуванням за порівняно малий період часу – це час прироблення деталей. Зношування у цей період в основному залежить від технологій обробки поверхонь.

Зменшити знос у цей період або навіть виключити його можна притиранням поверхонь після фінішної обробки. Це сприятиме комплексному зменшенню всіх геометричних відхилень і, таким чином, збільшить ресурс валу. Ділянка періоду нормальної роботи з'єднання і тривалість роботи спряження τ значно збільшиться, тому що при тих же механічних характеристиках поверхонь цей період почнеться не з зазору $S_{обк}$, а з S_{min} . В результаті ресурс підшипника значно збільшиться.

Слід відмітити, що зрізані вершини виступів шорсткості сталого валу у вигляді включень втискуються тільки в поверхню бабітового вкладишу. Включення можуть розривати масляну плівку, в результаті тертя приварюватися до поверхні валу,

а потім відриватися від неї з мікрочастинками валу. Усунення цього явища сприятиме збереженню поверхонь спряження від пошкоджень в результаті прихвачувань.

Таким чином, підгонка геометрії поверхонь спряження притиранням, яка усуває погрішності обробки виконаної за принципом взаємозамінності, може значно збільшити термін роботи валу. Окрім того, притирання збільшує опорну довжину профілю, що дозволяє збільшити несучу здатність шийок валу [9].

Наступним етапом системного підходу до збільшення ресурсу підшипника є підвищення зносостійкості зміною властивостей матеріалу в контактуючих поверхневих шарах спряження та зменшення коефіцієнту тертя.

На рис. 1 нижня крива показує, що при підвищенні зносостійкості поверхонь та зменшенні коефіцієнту тертя зменшується інтенсивність збільшення зазору в процесі нормальної роботи спряження, що характеризується кутом $\alpha' < \alpha$. В результаті час роботи спряження значно збільшується, від τ до τ' .

Важливим фактором підвищення зносостійкості і зменшення коефіцієнту тертя є збільшення твердості контактуючих поверхонь та утворення на них тонкого шару твердого мастила, що попереджує можливість фрикційного ефекту при розриві масляного шару. Існують різні методи підвищення твердості поверхневого шару валів. Наприклад, використовують плазмове насичення поверхні валів порошковими матеріалами, що мають високу твердість. При цьому частинки порошку напилують на поверхню валу плазмовим струменем газу високої температури [11]. За результатами дослідження після механічної обробки такої поверхні у процесі взаємодії пар тертя при первинному припрацюванні спостерігається активний процес переносу зміцнюючої фази з однієї поверхні на другу, взаємне їх шаржування, роздрібнення і проникнення частинок в дефекти структури поверхні тертя, вихід на поверхню додаткової кількості зносостійкого матеріалу, що сприяє процесам саморегулювання і самоорганізації структури поверхні, збільшенню сумарної опорної поверхні і більш рівномірному перерозподілу зовнішніх навантажень при відносно менших значеннях коефіцієнту тертя. Були спроби насичення таким же методом самого твердого – алмазного порошку, але це не дало результатів [11]. Дослідження показали, що алмазні порошки не можливо наносити методами високотемпературного напилення, тому що при температурах вище 1000°C вони графітизуються, а в плазмовому потоці окислювального струменя повністю вигоряють.

Відома властивість алмазного порошку насичувати поверхні металевих деталей методом шаржування. Використовують шаржування при виготовленні алмазних притирів. Запатентований метод алмазного шаржування для зменшення коефіцієнту тертя при виготовленні отворів дорнуванням у деталях з титанових сплавів [12]. Результати досліджень показують, що використання сумішей з алмазною пастою для доведення поверхонь тертя сталей деталей паливної апаратури дизельних двигунів підвищує їх несучу здібність на 30...35%, зменшує коефіцієнт тертя на 30% та підвищує їх довговічність при роботі в середовищі дизельного палива [13].

З цього виходить, що найбільш придатним для насичення поверхонь алмазними порошками є метод шаржування. Алмазним шаржуванням можна насичувати як бабітові так і сталі поверхні тертя, в результаті чого змінюється мікроструктура поверхневих шарів деталей в зоні тертя і відповідно підвищується зносостійкість не тільки валу, а й підшипника [9].

Пропонується метод шаржування поверхонь алмазними нано-частинками у вигляді алмазних паст в суміші з дісульфідом молібдену притиранням поверхонь полірованого сталюого валу до бабітових вкладишів. Нано-частинки алмазу мають розмір, ближчий до структурних складових, та на відміну від продуктів зносу (сталейних

частинок зносу) насичують обидві поверхні спряження. Ці частинки, порівняно зі сталевими, не мають властивості прихвачуватися приварюванням до поверхні валу, не реагують з навколишнім середовищем. Вони втискаються в поверхні, підвищуючи не тільки їх зносостійкість, а й зменшуючи коефіцієнт тертя. Поверхні виступів алмазних частинок при розриві масляної плівки в умовах сухого тертя перетворюються в графіт і таким чином також попереджують виникнення задирів та зменшують коефіцієнт тертя.

Експериментально доведено, що алмазні нано-частинки між поверхнями тертя можуть діяти також, як шарики у підшипниках кочення і таким чином теж зменшувати коефіцієнт тертя [14]. Тому нано-алмазні порошки у невеликій кількості іноді навіть вводять у присадки до масел для підвищення зносостійкості.

Додавання при шаржуванні дисульфиду молібдену, що має здатність утримуватися на поверхнях тертя [15], дозволяє значно зменшити коефіцієнт тертя.

Дисульфід молібдену MoS_2 відомий як тверде мастило: зменшує коефіцієнт тертя; попереджує утворення в парах тертя задирів і прихватів навіть при ударних навантаженнях та температурах до 400°C ; має високу адгезію до металевих поверхонь, утворюючи на поверхнях тертя захисний шар; заповнює мікровпадини шорсткості, підсилюючи цим опірність до навантажень.

На рис. 2 приведена молекулярна модель будови дисульфиду молібдена у вигляді пластинчастих кристалів [16]. На гранях кристалів розташовані активні центри, які являють собою атом молібдена, розташований у вершині трьох рівнобедрених трикутників, основою кожного з яких є два атоми сірки (виділено). При цьому атоми молібдену знаходяться між двома шарами атомів сірки. Тому в умовах тертя пластинчасті кристали вільно рухаються відносно один одного, що призводить до високого змащувального ефекту.

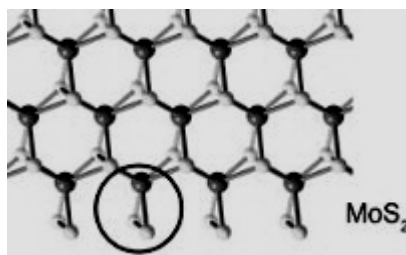


Рисунок 2 – Молекулярна модель будови дисульфиду молібдена:
темні складові – атоми молібдену; світлі складові – атоми сірки

Запропонований метод випробовувався на автомобільному повітряному двохциліндровому компресорі ЗИЛ 431410 – (130). Приробка методом шаржування поверхонь спряжень шийок колінчастого валу і вкладишів виконувалась сумішню алмазної пасти АСМ 7/5 ГОСТ 25593-83 і дисульфиду молібдену ДМИ-7 ТУ 48-19-133-90 з мастилом. Для шаржування вкладиші виготовлялися з припуском, який забезпечував посадку з натягом перед шаржуванням. Процес шаржування проводився при обертанні валу в компресорі без головки циліндрів і кришки піддону. Суміш алмазної пасти і мастила з дисульфідом молібдену наносилася на поверхні шийок валу і вкладишів нижньої головки шатунів. Кришки головок шатунів зтягувалися до утворення невеликого натягу, який забезпечував процес прироблення і одночасного шаржування поверхонь при обертанні валу з частотою $1...2\text{с}^{-1}$ до зникнення натягу. Далі кришки шатунів знімалися, повторно покривалися сумішню, підтягувалися і повторно притиралися. Процес повторювався до повного зтягування кришок, після чого деталі промивалися, змащувалися мастилом з дисульфідом молібдену і складалися. Після такої обробки вал легко обертася при мінімальному зазорі.

Випробування компресора протягом тривалого часу роботи показали практичну відсутність зносу як вкладишів, так і валу, який залишався полірованим без слідів задирок і прихватів.

Висновки. Таким чином, обробка спряжених поверхонь колінчастого валу і бабітових вкладишів притиранням з одночасним шаржуванням алмазно-дисульфідмолібденовою сумішшю дозволяє підвищити геометричну якість поверхонь тертя, підвищити зносостійкість поверхневих шарів деталей спряження та зменшити коефіцієнт тертя, що може значно збільшити ресурс колінчастих валів двигунів внутрішнього згоряння, компресорів та ін. машин. Окрім того, такий метод обробки не має термічного впливу на мікроструктуру і геометрію валу, а тому є перспективним і потребує подальших досліджень.

Список літератури

1. Леонтьев Л.Б. Исследование влияния состава триботехнических материалов на эксплуатационные свойства сопряжения «вкладыш – шейка коленчатого вала» [Текст] / Л.Б. Леонтьев, Н.П. Шапкин, А.Л. Леонтьев, А.Г. Токликишвили // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12-4. – С. 735-739.
2. Горячева И.Г. Механика фрикционного взаимодействия [Текст] / И.Г. Горячева. – М.: Наука, 2001. – 478с.
3. Металознавство [Текст] : підручник / О. М. Бялік [та ін.]. – 2-ге вид., переробл. і допов. – К. : Політехніка, 2002. – 384 с.
4. Дизели [Текст] : справочник / В.А.Ваншейдт, Н.Н.Иванченко, Л.К.Коллерова. – 3-е изд. перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1977. – 480 с.
5. Гаркунов Д.Н. Триботехника. Износ и безызносность [Текст] : учебник. – 4-е изд.– М.: МСХА, 2001. – 616 с.
6. Паніна В.В. Підвищення зносостійкості гільз циліндрів двигунів [Текст] / В.В. Паніна, Г.І. Дашивець. – // Науковий вісник ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2014. – Вип. 4, т. 1. – С.115-120.
7. Розвиток методів зміцнення найбільш навантажених деталей шлях до підвищення технічних і тактико-технічних характеристик машин [Текст] / [М.А. Ткачук, С.О. Кравченко, В.В. Шпаковський та ін.] // Транспортне машинобудування; Вісник НТУ «ХП». – 2015. – №43 (1152). – С. 116-122.
8. Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения [Текст]: учебник. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 343 с.
9. Ошовський В.Я. Виробничі технології як альтернатива обкатування деталей ДВЗ [Текст] / В.Я. Ошовський // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загально державний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград: КНТУ, 2013. – Вип. 43, ч. 1. – С.320-325.
10. Аулін В.В. Зміна стану зон тертя деталей машин та динамічне трибоматеріалознавство їх поверхневих шарів [Текст] / В.В. Аулін, О.В. Кузик // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Кіровоград: КНТУ, 2013. – Вип. 26. – С. 32-40.
11. Кобяков О.С. Исследование процессов формирования и триботехнических свойств износостойких композиционных газотермических покрытий, дисперсно-упрочнённых синтетическими алмазами и электрокорундом [Текст] / О.С. Кобяков, Н.В. Спиридонов // Вестник БНТУ. – 2011. – №2. – С. 17-23.
12. Пат. RU №2371272 C1 VGR B21D41/02 (2006.01.) Способ поверхностного дорнования титановых сплавов / Рыбинская государственная авиационная технологическая академия имени П.А. Соловьева; А.В.Колобков. – Заявл. 05.06.2008; Оpubл. 27.10.2009.
13. Рыжов Ю.Э. Применение активной СОТС в доводочных пастах и финишной алмазно-абразивной обработке // Качество машин: Сб.трудов IV Междунар.науч.-техн.конф. Брянск, 2001. – 4.2. – С.118-120.
14. Барышников С.О. Нанотехнологии и работа двигателей внутреннего сгорания (постановка эксперимента) / С.О. Барышников [Текст] // Журнал университета водных коммуникаций. – 2009. – №3. – С. 33-42.
15. Цветков Ю.Н. Повышение эффективности дизелей нанесением на поршни твердого смазочного покрытия, содержащего дисульфид молибдена [Текст] / Ю.Н. Цветков, В.М. Тарасов // Вестник

государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2010. – №1 (5). – С.45-52.

16. Химия: новости науки. Молекулярная модель дисульфида молибдена [Электронный ресурс] . – Режим доступа: <http://www.chemport.ru>

Viktor Oshovsky, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Pervomaysk Politechnic Institute of National Shipbuilding University named after admiral Makarov, Pervomaysk, Ukraine

Increase of resource of crankshaft diamond-molybdenum disulfide earning additionally of surfaces of friction

Purpose of the article - to analyse basic factors, which abbreviate the resource of work of crankshaft, responsible detail of compressor or engine of internal combustion, and present the results of research of action and test of the diamond-molybdenum disulfide earning additionally of surfaces of friction, which removes these factors and thus considerably promotes the resource of crankshaft.

In the article the analysed operating is on the resource of interface a "neck of crankshaft - bearing of babbit" of insufficient geometrical and mechanical quality of surfaces and increase of gap at a rolling-off and defects which appear here. The brought results over of research of action and test of earning additionally of surfaces of friction the diamond-molybdenum disulfide caricaturing. Such eventual earning additionally diminishes the roughness of surfaces of friction to beginning of normal exploitation of crankshaft, gap in an interface, coefficient of friction; warns appearance of nicks-and-burrs and welding on the surfaces of interface; promotes hardness and wearproofness of surfaces of friction without the loss of ability of slideway to the relaxation changes in accordance with forces operating during work of billow and surfaces related to the geometrical rejections of form and location.

Thus the eventual diamond-molybdenum disulfide earning additionally of surfaces of friction of crankshaft and liners removes the process of rolling-off and defects of friction action, which arise up at a rolling-off, improves simultaneously geometrical and mechanical descriptions of surfaces of friction and diminishes the coefficient of friction. As a result the resource of work of crankshaft rises considerably.

crankshaft, earning additionally, sharzhyrovanye, diamond paste, molybdenum disulfide

Одержано 24.10.16

УДК 621.941.042

Ю.М. Пархоменко, доц., канд. техн. наук, В.Ф. Гамалій, проф., д-р фіз.-мат. наук, В.В. Босько, доц., канд. техн. наук

Кіровоградський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

E-mail: parhomenkoym@ukr.net

Розрахунок системи стабілізації температурного режиму в процесі фрикційного формоутворення

Досліджено технологічний процес фрикційного формоутворення деталей.

Визначено параметр, який підлягає регулюванню та передаточну функцію об'єкту управління цим параметром. Запропоновано шляхи створення автоматизованої системи стабілізації температурного режиму в процесі фрикційного формоутворення. Розроблено функціональну схему такої мікропроцесорної системи автоматичного управління температурою, яка б забезпечувала підтримку заданих значень цих параметрів в певні моменти часу та на протязі всього технологічного процесу.

автоматизована система стабілізації, формоутворення, теплогенерація, температурний режим

© Ю.М. Пархоменко, В.Ф. Гамалій, В.В. Босько, 2016

**Конструювання, виробництво та експлуатація
сільськогосподарських машин**

Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник

Заснований у 1971 році

Випуск 46

Відповідальний за випуск Д.І. Петренко

Комп'ютерна верстка І.М. Каліч

Тиражування О. Г. Каліч

*Приватне підприємство «Ексклюзив-Систем»
Свідоцтво про реєстрацію № 05720-ПП-1 від 10.12.1996.
25006, м. Кіровоград, вул. Шевченка, 25
тел./факс 24-35-53*

Здано в набір 25.11.2016 Підписано до друку 28.11. 2016. Формат 60х84 1/8.
Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman Умов. друк. арк. 41,5
Обл. вид. арк. 37,7. Наклад 300 прим. Замовлення №0145.