

О.Й. Мажейка, проф., канд. техн. наук, С.І. Маркович, доц., канд. техн. наук,
О.П. Савченко, магістр

Кіровоградський національний технічний університет

Дослідження трибологічних характеристик модифікованих поверхонь з регулярним мікрорельєфом

В статті розглянуто проблему підвищення трибомеханічних характеристик поверхонь завдяки створенню регулярного мікрорельєфу з послідувачим нанесенням мідного покриття. Проведено огляд методів нанесення регулярного мікрорельєфу. Приведено технологію платовершинного хонінгування та нанесення покриття, результати дослідження трибологічних характеристик покриття та експлуатаційні випробування гільз циліндрів ДВЗ, оброблених по запропонованій технології.
платовершинне хонінгування, трибологічні характеристики

Проблема зменшення сил тертя і зниження зносу поверхонь тертя вирішується різноманітними способами. Останнім часом інтенсивно розвиваються способи зниження сил тертя в контакті деталей, шляхом створення на одній з поверхонь маслоємкого мікрорельєфу. За даними Ю. Г. Шнейдера [1], А. Е. Проволоцкого [2] і інших авторів, поверхні, що володіють однаковою іррегулярною шорсткістю по параметру Ra, але мають велику маслоємкість за рахунок формоутворення на ній регулярного або частково регулярного мікрорельєфу, збільшують зносостійкість в 3...6 разів, період прироблення зменшується в 1,5...3 рази, знижується рівень шуму і підвищується плавність ходу зв'язаних деталей. Відомі наступні способи створення маслоємкого мікрорельєфу: плосковершинне хонінгування [3]; накатка [4]; вібронакатка [1]; струменево-абразивна обробка [5].

У 1939 р. І. В. Крагельським запропонована принципово нова подвійна молекулярно-механічна теорія сухого і граничного тертя. Згідно цієї теорії для забезпечення мінімального зовнішнього тертя процеси деформації і пошкодження контактуючих поверхонь повинні бути зосереджені якомога ближче до поверхні твердого тіла, для чого на ній повинен формуватися тонкий, менш міцний, чим основний матеріал, шар (нанесений ззовні або що генерується самими тілами, що труться), тобто повинне виконуватися правило позитивного по глибині градієнта механічних властивостей поверхні. Цей шар був названий третім тілом.

Цілеспрямоване формування третього тіла стало можливим після відкриття Д. Н. Гаркуновим і І. В. Крагельським ефекту беззносності, технологічна реалізація якого можлива шляхом здійснення фрикційного оміднення. Натирання поверхні тертя пластиною, що містить мідь у присутності технологічної рідини дозволяє створити на поверхні тертя мідну плівку відносно невеликої товщини від 0,5 до 4 мкм [4].

Практика показує, що найбільш ефективними шляхами усунення патологічних явищ, що приводять до неприпустимих видів зносу, є формування високих характеристик якості поверхневого шару в процесі виготовлення деталей і управління зміною мікрогеометрії і властивостей робочих поверхонь, що виникають і розвиваються безпосередньо при терті в процесі експлуатації. При технологічній обробці потрібно створювати таку мікрогеометрію поверхні і такі первинні (початкові)

структури і властивості поверхневих шарів, які б в конкретних умовах експлуатації змінювалися у бік поліпшення. Отже задача створення та дослідження трибологічних характеристик модифікованих поверхонь з регулярним мікрорельєфом є актуальною.

Для отримання модифікованої поверхні з регулярним мікрорельєфом на гільзі циліндра ДВЗ деталь піддавали розточуванню з застосуванням різців з надтвердого матеріалу гексаніта-Р (композит -10) на основі щільних модифікацій нітриту бору, що дає можливість отримати поверхню з високою чистотою обробки та відсутністю конусності оброблюваної поверхні, що є наслідком притуплення твердосплавного різця в процесі обробки. При цьому припуск на подальше хонінгування залишається в межах 0,03-0,02 мм.

Для створення регулярного мікрорельєфу застосовувалось платовершинне хонінгування. При цьому завдяки оптимально підбраному співвідношенні зерен алмазів для хонінгувальних брусків (рис.1) та зв'язуючого матеріалу вдалося отримати високу точність отвору та забезпечити належний рельєф поверхні.



Рисунок 1-Інструмент для хонінгування з ріжучими брусками з штучних алмазів.

Платовершинна обробка припускає, що кут штрихування складає приблизно 60°, з однаковими рисками, нарізаними в обох напрямках. Згідно схеми на рис. 2 кут штрихування α визначали через співвідношення між лінійною швидкістю переміщення інструмента та швидкістю обертання шпинделя:

$$\alpha = 2 \arctg \frac{v}{u},$$

де v - лінійна швидкістю переміщення інструмента;
 u - швидкість обертання шпинделя:

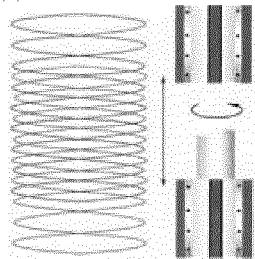


Рисунок 2 - Схема розрахунку кута пересічення мастилоутримуючих рисок

Зразок западини повинен бути чистим після різання, але без гострих кромки, і повинен бути вільним від рваного або деформованого матеріалу. Глибина і ширина западин повинні бути однорідною і регулярно роздільною, а плоска область плато повинна складати приблизно половину від двох третин повної поверхневої області, вільної від упроваджених частинок.

Мікропрофіль поверхні оцінювали шорсткістю всієї поверхні R_a , шорсткістю поверхні між масляними кишнями R_z (по профілограмам), відносною опорною величиною профілю t_p на різних рівнях і висотою (глибиною) масляних кишень (рисок), середньою шириною рисок (по профілограмам).

Якість поверхні циліндра оцінювали за допомогою кривій Аббота (рис.3). Ця крива показує залежність відносної площі мікрозападин від їх глибини. При

плосковершинному хонінгуванні поверхні виступів згладжуються, і на мікропрофілі дзеркала циліндра є два види шорсткостей: основна по западинах і опорна по згладжених виступах. Тому на кривій Аббота є перегин. У цій точці западини основної шорсткості переходять в опорну поверхню. Експериментально встановлено, що площа опорної поверхні повинна складати 50—80% всій площі циліндра, а в западинах повинно утримуватися не менше $0,02 \text{ мм}^3$ масла на 1 см^2 поверхні. Для кращого утримання масла западини основної шорсткості повинні мати не тільки необхідну глибину (близько 10 мкм), але і певний кут розкриття.

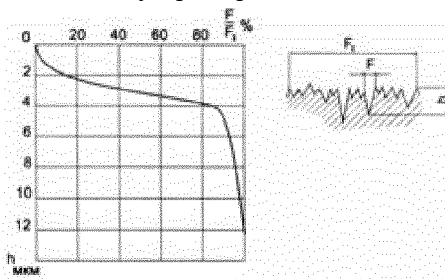


Рисунок 3 - Оцінка параметрів поверхні циліндра по кривій Аббота

Всі ці параметри розраховуються по кривій Аббота, яка, у свою чергу, будується по профілограмам поверхні. При цьому мікропрофіль поверхні циліндра, що описується кривою Аббота, залежить від характеристик вживаних абразивних брусків і режимів хонінгування, зокрема від частоти обертання хонінгувальної головки, швидкості її вертикальної подачі і тиску брусків на стінки.

Зразки, оброблені методом плосковершинного хонінгування, мали наступну поверхню: відносна опорна довжина профілю t_p - 50...70 % на рівні перетину профілю $p = 1,0...1,5 \text{ мкм}$, середня глибина рисок - 2...5 мкм, ширина - 20... 60 мкм, шорсткість між ними (масляними кишнями) - 0,5... 1,0 мкм (9 ...10 клас), максимальна глибина рисок - до 7 мкм (рис.4).

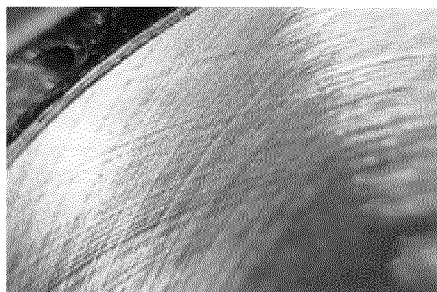


Рисунок 4 - Профіль поверхні після обробки.

Після платовершинного хонінгування поверхню покривали тонким шаром міді шляхом використання явища перенесення металу при терті. Перед обробкою поверхню знежирювали, а потім в зону фрикційного контакту при відносних швидкостях ковзання $0,3—1,35 \text{ м/с}$ і осьовій подачі інструменту $0,08—0,15 \text{ мм/об}$, створювали тиск $70—150 \text{ МПа}$, при яких інструмент переміщали уздовж оброблюваної поверхні. При цьому між взаємодіючими поверхнями в певному об'ємі із заданою періодичністю вводили змащувальний матеріал, що складається з двох частин гліцерину і однієї частини 10%-ного розчину соляної кислоти. В процесі тертя окисна плівка на поверхні сталі розпушується, поверхня мідного сплаву пластифікується і створюються умови для його схоплювання із сталлю. В процесі обробки матеріал брусків переноситься на поверхню деталі і адгезійно закріплюється на вершинах мікрорельєфу. В результаті утворюється міцний антифрикційний шар, що грає роль твердого мастила і забезпечує високу зносостійкість і покращені протизадірні характеристики поверхні. Товщина перенесеного шару складає $1-2 \text{ мкм}$.

Порівняльні випробування припрацювання і зносостійкості модифікованих поверхонь з регулярним мікрорельєфом здійснювалося на машині тертя СМЦ-2 по схемі диск – колодка. Диск виготовляли із сталі 30ХГСН2А з шорсткістю Ra = 0,83 мкм без покриттів. В якості контртіла застосовувались тамплед-колодки, вирізані з гільзи циліндра, що піддавались різним методам обробки: розточування та хонінгування абразивними брусками, платовершинне хонінгування, платовершинне хонінгування з нанесенням покриття. Знос визначали за ваговою методикою. Шорсткість покриттів визначалася на приладі профілометр–профілограф моделі 201. Випробування проводили в умовах сухого та граничного тертя.

В результаті випробувань встановлено, що процес припрацювання поверхні з платовершинним хонінгуванням та нанесенням мідного покриття скорочується в порівнянні з традиційними технологіями на 30 та 50% відповідно. В сталому режимі процес характеризувався малим коефіцієнтом терті (0,05 – 0,005), що менше в 2 та 3,5 раза відповідно. Відмічено також зниження температура в результаті трибо розігріву на 30 та 60% та зниження схильності до схоплювання в умовах сухого тертя в 3 рази.

Проведено експлуатаційні випробування гільз циліндрів, оброблених по пропонованій технології. При цьому економія палива склала 2-3%, економія моторного масла 10-20%. Моторесурс двигунів збільшився на 20-30%, а зниження викиду шкідливих речовин зменшилось на 10-20%. Скорочення часу прироблення двигуна - 20-30%. Зниження рівня шуму - 1-2%.

Висновки. Підвищення трибологічних характеристик поверхонь гільз нанесенням регулярного мікрорельєфу та мідного покриття дозволило покращити експлуатаційні характеристики двигунів.

Список літератури

- 1 Шнейдер Ю. Г. Технология финишной обработки давлением: справочник.– СПб.: Политехника, 1998. -414 с.
2. Проволоцкий А. Е. Струйно-абразивная обработка деталей машин. -К.: Техника, 1989. - 177 с.
3. Чеповецкий И. Х. Триботехнология формирования поверхностей.-К.: Наука и техника, 1989.-226 с.
4. Гаркунов Д. Н. Триботехника (износ и безызносность). - М.: Изд-во МСХА, 2001. - 616 с.
5. Исупов М. Г. Повышение эксплуатационных свойств прецизионных пар трения струйно-абразивной обработкой / М. Г. Исупов, Л. Т. Кренин // Вестник машиностроения. - 2001. - № 7. - С. 68-69.

А.Мажейка, С.Маркович, А.Савченко

Исследование трибологических характеристик модифицированных поверхностей с регулярным микрорельефом

В статье рассмотрена проблема повышения трибомеханических характеристик поверхностей благодаря созданию регулярного микрорельефа с последующим нанесением медного покрытия. Приведена технология платовершинного хонингования и нанесения покрытия, результаты исследования трибологических характеристик покрытия и эксплуатационные испытания гильз цилиндров ДВЗ.

A. Mazheyka, S. Markovich, O. Savchenko

Research of tribologichnoy descriptions of the modified surfaces with regular micro by relief

In the article the problem of increase of tribo of mechanical descriptions of surfaces is considered due to creation regular micro relief with the subsequent causing of copper coverage. Technology of plateau of the vertex honing and overcoating, results of research of tribologichnoy descriptions of coverage and operating tests of shells of cylinders of engines, treated on the offered technology, is resulted.

Одержано 23.12.09