

Експериментально підтверджені теоретичні і розрахункові обчислення роботи, що дає можливість прогнозування надійності адгезійного зв'язку покриття з машинобудівною деталлю.

Література

1. Holmberg K. Tribology in Reliability Engineering // Scientific Achievements. Industrial Applications / 2nd World Tribologie Congress: Vienna, Austria, Sept. 2001. – Р. 13–19.
2. Соколов О. Д. Оцінка зносостійкості та надійності хромових покріттів для розробки технології їх нанесення на деталі вузла тертя // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – 2003. – №2. – с. 130 – 135.
3. Ting L. L., Mayer J. E. Piston ring lubrication and cylinder bore wear analyses. Р 11. Theory verification // Journal of lubrication technology. – 1974, Ser. F, v. 96, n. 2. – p. 69–79.
4. Чернета О. Г. Підвищення ресурсу роботи поршневих кілець двигунів внутрішнього згорання за рахунок використання нових покріттів: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.02.01. Запоріз. нац. техн. ун-т. – Запоріжжя, 2002. – 18 с.
5. Пантелеєнко Ф. І. Новое в восстановительно-упрочняющих технологиях // Производство и ремонт машин: Сборник материалов Международной научно-технической конференции, Ставрополь, 28 февр. – 6 марта, 2005. Ставрополь: Изд-во СтГАУ "АГРУС", 2005, с. 58–63.
6. Thin film material and method for preparation thereof: Заявка 1514679 ЕПВ, МПК⁷ В 23 В 9/00; Riken Wako-shi, Kunitake Toyoki, Hashizume Mineo. № 03725764.9; Заявл. 09.05.2003; Опубл. 16.03.2005; Приор. 09.05.2002, № 2002134314 (Японія).
7. Кузовков Е. Г. Графовая модель упругого тела. Расчет напряженно-деформированного состояния. – К: ИГП АН УССР (препринт). – 1985. – 53 с.

УДК 621.891

ОЦІНКА НАПРУЖЕНОГО СТАНУ І РУЙНУВАННЯ ГАЛЬВАНІЧНИХ ХРОМОВИХ ПОКРИТТІВ ПОРШНЕВИХ КІЛЕЦЬ

Соколов О.Д., д-р техн. наук, професор, Маннапова О.В., канд. техн. наук, асистент
Одеська національна академія харчових технологій

Приведені результати розрахункових досліджень з визначення термонапруженого стану гальванічного хромового покриття, нанесеного на деталь. Розглянуто приклад чавунного поршневого кільця ДВЗ з покриттям на робочій поверхні при температурах і навантаженнях, які моделюють умови експлуатації. Результати досліджень підтвердженні вивченням поверхні реальних поршневих кілець, де виявлено характерні порушення когезійного зв'язку після роботи у форсованих термонапруженіх двигунах.

The results of calculation researches are resulted on determination of the thermally tense state of galvanic chromic coverage, inflicted on a detail. The example of cast-iron piston ring of engine is considered with coverage on a working surface at temperatures and loadings, designings external environments. The results of researches are confirmed the study of surface of the real piston rings, where found out characteristic violations of cohesion connection after work in the forced thermally tense engines.

Ключові слова: термонапружений стан, гальванічні хромові покріття, когезійне руйнування, поршневі кільця.

Вступ. Поршневі двигуни внутрішнього згоряння є сьогодні основою мобільної енергетики всіх галузей господарства, тому питання підвищення працездатності, надійності і довговічності їх головного вузла – циліндро-поршневої групи у машинознавстві постійно зостається актуальним. Сучасне невпинне форсування по потужності призводить до появи у термонапружених форсованих двигунах випадків термічної і силової руйнації серійних гальванічних хромових покріттів на робочій поверхні кільця, а їх викришування підвищує рівень зношування усіх поверхонь поршневих кілець, що знижує довговічність і надійність сполучень кільце-циліндр і кільце-поршень у ЦПГ ДВЗ [1].

Теоретичний розгляд проблеми силової руйнації хромових покріттів показує, що головним чинником цього явища є високий рівень внутрішніх напруг у покритті, який, підсумовуючись із рівнем сучасних великих навантажень у форсованих двигунах, перевищує межу міцності хромового покриття. Доці-

льність такого підходу до вирішення проблеми підтверджується результатами роботи [2], в якій теоретично досліджено механізм крихкого руйнування покриття при його напруженому стані і встановлено зв'язок між рівнем внутрішніх напруг у покритті і показником коефіцієнта в'язкості руйнування матеріалу покриття. Практичне підтвердження руйнівної дії термічних і силових напруг у хромовому покритті при його роботі у форсованому двигуні отримано нами у роботі [3].

Мета роботи – оцінити рівень внутрішніх напруг у гальванічному хромовому покритті на стадіях його нанесення на поршневі кільця, розтягування кільця при надяганні його на поршень і його роботі у двигуні; порівняти величини напруг із міцністю покриття і вказати технологічні напрямки зниження напруг. Для досягнення цієї мети потрібно розробити метод чисельного визначення ламкості і пластичності покриття, нанесеного на деталь чи зразок, що дасть можливість керовано варіювати технологічними параметрами на етапі гальванічного нанесення хрому. Наведений етап роботи присвячений оцінці напруженого стану хромового покриття на поршневому кільці чисельним методом.

Хід і результати дослідження. Оскільки гальванічні хромові покриття найчастіше руйнуються з поверхні, задача потребує сумісного розгляду температурного і силового навантаження на покриття з частотою їхньої зміни при роботі двигуна. Для знаходження величин напруг у покритті була розглянута задача термонапряженого стану поперечного перерізу чавунного поршневого кільця з хромовим покриттям. Задача була розглянута у плоскому вигляді і вирішувалась чисельно на основі моделі у вигляді графу пружного тіла [4].

Сили можуть бути зведені до діючих на поверхні покриття дотичних і нормальніх напруг, відповідних силі тертя між гільзою циліндра і рухомим кільцем, і радіальному тиску кільця. Слід також враховувати, що за рахунок кривизни поверхні покриття (у площині поперечного перетину кільця) навантаження, що діють, розподілені не по всій поверхні покриття, а лише по невеликому його поясочку.

Таким чином, напружений стан поперечного перетину кільця далекий від однорідного стиснення і зрушення і визначається ділянкою додатку зовнішніх навантажень і законом їхнього розподілу уздовж цієї ділянки. Реальна залежність напруги, прикладеної до поверхні кільця, визначається залежністю деформацій, що викривленою поверхнею кільця в результаті взаємодії з поверхнею гільзи циліндра (твірна якого хоча і може мати деяку кривизну, але дуже малу в порівнянні з кривизною поверхні кільця в цьому напрямі). Точний вид цієї залежності, проте, невідомий, тому вона була приблизно прийнята рівномірною, такою, що забезпечує задану величину повного навантаження.

Якісна дія прикладеної до поверхні покриття сили нормального тиску повинна приводити до напруги стиснення, що виникає в покритті в околиці ділянки додатку сили, а вплив сили тертя повинен приводити до появи в тому ж місті дотичної напруги, а також нормальній напруги, що досягає негативного мінімального значення на деякій відстані від ділянки додатку сили в напрямі цієї сили і позитивного максимального значення, – на деякій відстані в протилежному напрямі. З цього, зокрема, витікає, що при роботі кільця в двигуні, оскільки сила тертя багато разів міняє свій напрям, окрім ділянки покриття викоробують дію циклічних знакозмінних навантажень, причому, як нормальніх, так і дотичних, що дозволяє говорити про можливість втомлюваного механізму утворення в покритті когезійних тріщин і сколів.

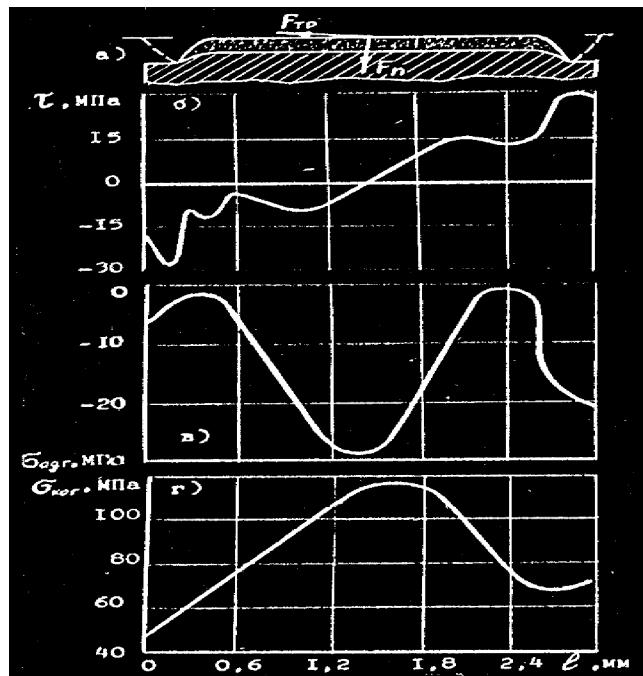
Крім того, періодична зміна температури кільця приводить до періодичної зміни термонапруг виникаючих в ньому, які виникають в ньому, що приводить до необхідності обліку термічних втомлюваних явищ.

Загальний характер залежності термонапруг [4] зберігається і в даному випадку, за винятком специфічних граничних ефектів, властивих покриттям, нанесеним на бочкоподібне верхнє компресійне поршневе кільце, і дотичної напруги, що виявляється в характерному збільшенні, при наближенні до краю покриття, викликаному зменшенням до нуля його товщини.

Для знаходження напруженого стану нами була розглянута в плоскій постановці задача про поперечний перетин бочкоподібного поршневого кільця з нанесеним на нього покриттям з урахуванням сил взаємодії з гільзою циліндра при температурному полі покриття, описаному для реального двигуна в роботі [5].

Отримані в результаті цього залежності найбільш небезпечних напруг приведені на рис. 1 і підтверджують висловлені міркування. Аналіз стану покриття після роботи у двигуні підтверджує появу когезійних тріщин і викришування в місцях, відповідних максимальній когезійній напрузі в зовнішньому шарі покриття [3].

Слід зазначити, що дотична напруга, що виникає на практиці, у країв покриття може помітно перевищувати набутих значень, оскільки в розглянутому завданні форма покриття не відповідала найбільш небезпечному зменшенню його товщини.



a) – розташування покриття на кільці; б) – дотичні напруги; в) – нормальні адгезійні напруги;
г) – нормальні когезійні напруги.

Рис. 1 – Розподіл напруг уздовж поверхні покриття

Література

- Соколов О. Д. Оцінка зносостійкості та надійності хромових покривтів для розробки технології їх нанесення на деталі вузла тертя // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – 2003. – №2. – С. 130–135.
- Соколов О. Д. Знос поверхневого шару матеріалу крихким руйнуванням // Наукові праці ОДАХТ. – 1999. – Вип. 20. – С. 280–285.
- Соколов О. Д., Маннапова О. В. Особливості зношування хромових покривтів поршневих кілець у термоанпруженіх двигунах // Проблеми тертя та зношування: Наук.-техн. зб. – К.: НАУ. – 2008. – Вип. 49. – Т. 1. – С. 248–257.
- Кузовков Е. Г. Графовая модель упругого тела. Расчет напряженно-деформированного состояния. – К.: Препринт ИПП АН УССР. – 1985. – 53 с.
- Бурштейн Л. М., Соколов А. Д. Расчет на ЭВМ температурных полей поршневых колец с плазменными покрытиями // Двигателестроение. – 1983. – № 10. – С. 11–13.

УДК 621.763

СИНТЕЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО КРЕМНЕЗЕМА

Иванова Л.А. проф., д.т.н., Косицын Н.О., аспирант
Одесская национальная академия пищевых технологий

Рассмотрен технологический процесс формирования композиционного материала на основе стабилизированного кремнезема и факторы, влияющие на этот процесс. Приведены характеристики и режимы процесса.