

¹Хребет В.Г., доцент кафедри прикладної математики, к.ф.-м.н., доц.
²Виноградов М.С., доцент кафедри автомобільного транспорту, к.т.н., доц.
²Мастепан М.А., в.о. зав. кафедри автомобільного транспорту, к.т.н., доц.
²Савенок Д.В., в.о. декана механічного факультету, к.т.н., доц.
²Левадний О.В., магістрант механічного факультету
¹Національний авіаційний університет, м. Київ
²Донбаська національна академія будівництва і архітектури, м. Івано-Франківськ

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ КЛАПАННОГО СПРЯЖЕННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ СИЛКАТНОГО АБРАЗИВНОГО СКЛАДУ

Клапанне спряження автомобільного двигуна є одним з основних спряжень газорозподільного механізму, який призначений для своєчасного наповнення циліндрів пальною сумішшю і для випуску із нього відпрацьованих газів. Клапана призначені для відкривання та закривання впускного або впускного отвору, розташованого в голівці блоку (механізм з верхнім розташуванням клапанів) або в блоці циліндрів (механізм з нижнім розташуванням клапанів). Клапани працюють при високій температурі і піддаються роз'їдаючій дії газів. Тому метал, застосований для їх виготовлення, повинен добре протистояти корозії і стирання. Відпрацьовані гази викликають корозію і підвищений знос сідел впускних клапанів, тому седла роблять вставними з жаростійкого чавуну. Якщо двигун має газорозподільний механізм з верхніми клапанами і головку блоку, відлиту з алюмінієвого сплаву, то під всі клапани в голівці блоку запресовують седла з жаростійкого чавуну. Висота циліндричного пояску клапана являється критерієм міцності тарілки клапана. Якщо вона менша від 0,5 до 1 мм, то клапан вибраковують. [1]. Для зменшення зносу фаски клапанів наплавляють твердим сплавом і в отвори головок циліндрів встановлюють кільця, що виконані із зносостійкого матеріалу.

Одним з основних дефектів головки циліндрів є зношення і пригорання фасок клапанних гнізд (сідел). Його усувають фрезеруванням (шліфуванням). Для цього застосовують набір із чотирьох спеціальних фрез. Спочатку головку оброблюють чорною фрезою до повного зникнення слідів зносу. Потім надають фасці необхідної ширини, обробляючи фрезами з різними кутами різальної кромки. Далі остаточно обробляють фаску чистою фрезою. Після фрезерування фаска повинна мати ширину, яка відповідає технічним вимогам. Шорсткість поверхні фаски гнізда після фрезерування не повинна перевищувати $R_a=0,80$ мкм, радіальне биття фаски відносно отвору втулки клапана 0,05 мм.

Основними дефектами на фасках головок клапанів є: значне спрацювання, раковини, невеликі ділянки прогару або другі пошкодження, які порушують щільність посадки клапанів до сідел. Для видалення дефектів на головках клапанів необхідно пошліфувати їх фаски. Робочі фаски клапанів шліфують на шліфувальних станках під кутом 45° до осі стержня. При шліфуванні знімають мінімальну кількість металу, необхідне для того, щоб вивести знос. Перевіряють висоту циліндричного пояску головки клапана [1].

Перед збиранням головки циліндрів клапанну пару притирають у наступному порядку. Наносять на фаску головки клапана тонкий шар притиральної пасти. Притирання виконують зворотно-обертальний рух клапанів за допомогою спеціального пристосування або дреля з присосом. Натискаючи на клапан із зусиллям від 20 до 30 Н (від 2 до 3 кгс), необхідно повернути його на $1/3$ обороту в одному напрямку, потім, послабивши зусилля, на $1/4$ обороту у зворотному напрямку. Періодично піднімаючи клапан і додаючи на фаску пасту, продовжують притирання, до тих пір, поки на фасках клапана та сідла не з'явиться безперервний матовий пояс шириною не менше 1,5 мм. Розриви матового пояску та наявність на ньому поперечних рисок не допускається. При правильному притиранні матовий пояс на фасці клапана сідли повинен починатися у більшої основи.

У теперішній час розроблено безліч технологічних способів, що дозволяють змінювати будову та властивості поверхневих шарів металу в потрібному напрямку або створювати шари з напередзаданими властивостями. Застосування цих способів дозволяє підвищувати зносостійкість, стійкість до руйнування втоми та інші експлуатаційні властивості автомобільних деталей. Одним з таких способів є притирання абразивними пастами. Ефективність будь-якого абразивного складу визначається видом абразиву. Наприклад, при виготовленні пасти для притирання клапанів застосовуються мікропорошки корунду, електрокорунду, карбіду кремнію, бору та титану. За розмірами зерен вони застосовуються для грубого притирання та отримання поверхні з шорсткістю $R_a = 1,25$ мкм – 50 % (зернистість від 5 до 3), для попереднього притирання з отриманням шорсткості $R_a = 0,63$ мкм – 50 % (мікропорошки від M28 до M14) і для остаточного притирання з отриманням шорсткості $R_a = 0,16$ мкм – 50 % (мікропорошки від M10 до M5) [2].

У теперішній час в Україні для притирання клапанів застосовують абразивну пасту «КТ» (виробник України, Полтавський алмазний завод). Абразивні пасту «КТ» складаються з класифікованих по зернистості порошоків карбіду титану та наповнювача – композиції зі змащувальних матеріалів та поверхнево-активних речовин [3].

На характер формування поверхневого шару оброблених деталей у процесі полірування істотно впливає розмір абразивних зерен. Зменшення значень висотних параметрів шорсткості поверхні R_a та R_{max} відбувається із зменшенням зернистості абразиву [4]. При абразивному поліруванні зразків з різних матеріалів (з різною вихідною шорсткістю поверхонь) зі збільшенням значень висотних параметрів шорсткості до обробки відношення R_a/R_{max} зменшується (при рівних значеннях зернистості абразиву, тиску та часу обробки) [3].

У роботі [5] автором запропоновано склад силікатної пасту [6], який можна використовувати для притирання клапанів двигунів внутрішнього згорання. На підставі цього, стоїть завдання дослідити вплив силікатного абразивного складу на продуктивність притирання.

Метою роботи є проведення експериментальних досліджень та отримання фактичних даних працездатності силікатної абразивної пасту у порівнянні з існуючими складами.

Працездатність силікатного абразивного складу порівнювали з пастою «КТ», що застосовується в даний час для притирання клапанів автомобільних двигунів. Дослідження виконували на лабораторній установці для дослідження працездатності абразивного складу. У якості зразка використовували конус зі сталі 40X (HB 220) діаметром 23 мм, шириною 15 мм. Контрзразок мав форму кільця із чавуну СЧ 18-36 (HB 170) діаметром 50 мм, шириною 10 мм з шириною робочої поверхні 3 мм. Вибір матеріалу даних пар тертя був зумовлений застосування його при виготовленні клапанів та сідел клапанів. Початкова шорсткість поверхонь тертя у всіх зразках була однаковою і становила $R_a = 1,25$ мкм. До контрзразку підводилося реверсивне обертання, швидкість ковзання якого становила 0,28 м/с, навантаження на зразки – 0,36 МПа.

Оцінка велася за тривалістю притирання, знімання металу та якістю поверхні. Стабілізація коефіцієнта тертя показувала завершення процесу притирання. Знімання металу визначали ваговим методом з точністю $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ г. За допомогою профілографа-профілометра контролювали профіль поверхонь, які оброблялись. Результати випробувань визначалися як середнє арифметичне п'ятих дослідів з похибкою $\pm 5\%$.

Одним із факторів, що визначають якість оброблених поверхонь, є мікрогеометрія поверхні. Відомо, що вихідна шорсткість, тобто шорсткість, отримана після обробки, істотно впливає на тертя і зношування. Тому визначення мікрогеометрії поверхонь після обробки є необхідною умовою оцінки якості поверхні. Дослідження шорсткості поверхні здійснювалося за допомогою профілографа-профілометра моделі 201. Найкращу працездатність мав той склад у якого час притирання та значення шорсткості поверхні після обробки найменші. Результати досліджень наведено на рис. 1.

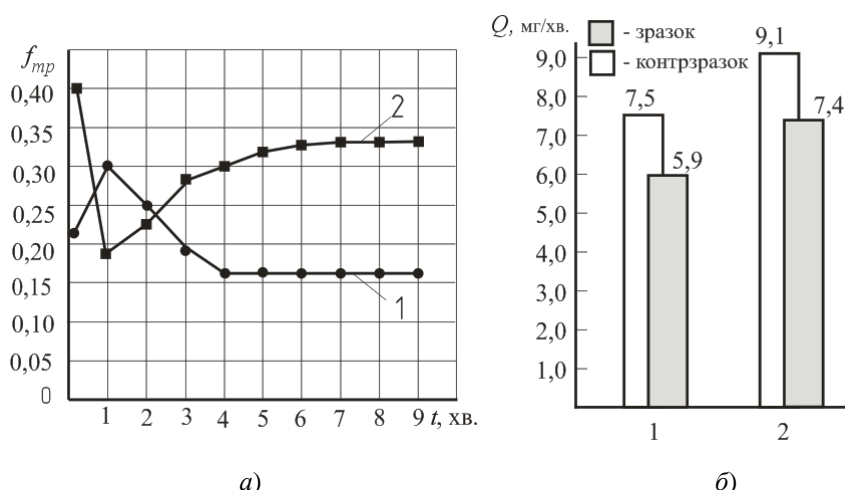


Рис. 1. - Зміна коефіцієнта тертя ($f_{тр}$, а) та знімання металу (Q , мг/хв., б) під час притирання зразків із сталі 40X та контрзразків із чавуну СЧ 18-36 абразивними складами: 1 – силікатною пастою; 2 – пастою «КТ»

Аналізуючи криві 1 і 2, можна відзначити, що при притиранні силікатним складом у початковий момент (перша хвилина) відбувається збільшення коефіцієнта тертя за рахунок дії гострих кромки абразиву. Надалі, можливо, відбувається притуплення цих кромки і обволікання абразиву оксидом

кремнію, що призводить до зниження коефіцієнта тертя. При обробці пастою «КТ» спочатку відбувається зниження коефіцієнта тертя за рахунок роботи масляної плівки, оскільки паста виготовлена на основі індустріальної оливи. Починаючи з другої хвилини плівка зношується і в роботу вступають абразивні зерна, що призводить до збільшення коефіцієнта тертя. Таким чином, можна відзначити, що продуктивність притирання на силікатному складі вища, ніж при обробці пастою «КТ». Крім того, коефіцієнт тертя при обробці силікатним складом нижче ($f = 0,17$), ніж при притиранні пастою «КТ» ($f = 0,33$). Це, звичайно, вплинуло на знімання металу, але якість поверхні стала значно вищою ($Ra=0,12$), ніж якість поверхні, обробленої складом «КТ» ($Ra=0,21$). Отримання високого класу чистоти поверхні при обробці силікатним складом, на нашу думку, відбувається за рахунок утворення аморфного кремнезему (SiO_2) [5]. Аморфний продукт, що утворився, має поліруючу дію високодисперсного, відносно м'якого абразиву [7]. Крім цього, аморфний кремнезем може діяти як абразив. Навіть за невеликої концентрації SiO_2 на поверхні сталі його зчеплення з металом, за рахунок сильної зміни властивостей окисного шару, посилюється [6]. Під дією абразивних частинок SiO_2 потрапляє у западини оброблюваної поверхні та зчіпляється з поверхнею. При багаторазовому впливі частинок відбувається щільна «упаковка» SiO_2 глибоких западин нерівностей, що дозволяє отримати високу якість поверхні [5]. Крім того, за рахунок зниження коефіцієнта тертя, відбувається значно меншою мірою дроблення абразивних зерен з гострими ріжучими кромками, що дає можливість реалізувати процес розкочування і поліпшити якість поверхні.

Для підтвердження цієї гіпотези із зразків, оброблених силікатним абразивним складом, було проведено змив і хімічний аналіз підтвердив наявність на обробленій поверхні SiO_2 . У кількісному відношенні на поверхні зразка було виявлено $82 \text{ мг/см}^2 SiO_2$ [5]. Результати рентгеноспектрального аналізу поверхонь обробки підтверджують наявність зв'язку кремнієвих сполук з поверхневим шаром металу [5].

Висновок. Висока якість поверхні після обробки силікатним складом і підвищення продуктивності притирання обумовлені появою в процесі притирання аморфного кремнезему, який посилює роботу абразивних зерен і призводить до зменшення дії абразиву, що дряпає. Крім того, за рахунок зниження коефіцієнта тертя відбувається значно меншою мірою, дроблення абразивних зерен з гострими ріжучими кромками, що дає можливість реалізувати процес розкочування і поліпшити якість поверхні.

Пропонований склад силікатної пасту можна використовувати для притирання клапанів автомобільних двигунів, що дозволить удосконалити технологію відновлення клапанного спряження.

Література

1. Технологічний процес ремонту газорозподільчого механізму. [Електронний ресурс]: <https://studfile.net/preview/7709007/page:26/>
2. Енциклопедія з машинобудування XXL. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://mash-xxl.info/page/080250033043208137091014117191035000223215074247/>
3. Абразивні пасту КТ. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ehk.ru/services/abrazivnye-i-ogneuporne-izdeliya/abrazivnye-pasty-kt/>
4. Новіков Ф. В. та Шкуруній В. Г. Основи обробки металевих виробів з оптичними властивостями: монографія. – Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015. – 388 с.
5. Виноградов Н. С. «Исследование возможности использования силикатной пасты для притирки сопряженных деталей», Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: науково-виробничий збірник / Н. С. Виноградов // ДВНЗ "Дон НТУ" АДІ. – Горлівка, 2006. – № 1. – С. 70 – 74. (рос.)
6. Головченко И. П., Евдокимов Ю. А., Зубков Е. Н, Виноградов Н. С. «Абразивная паста для притирки клапанов автомобильных двигателей» А. с. 4685316 СССР, МКИ³ C09G 1/02. № 1691380, заявл. 25.04.89, опубл. 15.11.91, Бюл. № 42 (рос.).
7. Виноградов Г. В и Наметкин Н. С. «Противоизносные и антифрикционные свойства полиорганосилоксанов и их смесей с углеводородами», в Новое о смазочных материалах. – М.: Химия, 1967. – С. 153-175 (рос.).