

УДК 621.831.004.55

DOI: 10.18372/0370-2197.3(84).13862

В. Б. МЕЛЬНИК, О. В. РАДЬКО, С. В. ФЕДОРЧУК, О. А. ІЛЬІНА

*Національний авіаційний університет, Україна***ВПЛИВ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ЯКІСТЬ ПРИПРАЦЮВАННЯ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ**

Викладені результати дослідження змащувальних шарів, утворених оливами з поверхнево-активними присадками на якість припрацювання пар тертя з локальним контактом в умовах кочення з ковзанням. Показано, що введення поверхнево-активних речовин (ПАР) в оливи подавляє процес утворення самогенеруючих органічних плівок (СОП), що призводить до прискореного припрацювання контактних поверхонь. Наступне, після отримання плями контакту нагрівання оливи до температури десорбції або розкладання молекул ПАР стимулює утворення СОП та сприяє швидкому переходу в діапазон навантажень, які відповідають мінімальним значенням зношування контактних поверхонь.

Ключові слова: змащувальна дія, поверхнево-активні речовини, товщина змащувального шару, показники якості, самогенеруючі органічні плівки, якість припрацювання.

Стан проблеми. Одним з шляхів підвищення надійності та довговічності машин є забезпечення оптимального припрацювання деталей. Якісне припрацювання поверхонь тертя підвищує несучу спроможність масляної плівки змащувального шару, забезпечує оптимальну мікрогеометрію, склад, структуру та фізико-механічні властивості поверхневих шарів.

Вплив змащувального шару на процеси припрацювання досліджувалися у роботах професора М.В. Райко та його учнів, виконаних в 70-90 роках минулого сторіччя в лабораторії «Змащування контактних поверхонь» (сучасна кафедра «Машинознавства» Національного авіаційного університету) [1-3]. У цих роботах використовувався принципово новий на той час метод дослідження процесу припрацювання шляхом вимірювання товщини змащувального шару. В наших дослідженнях цей метод також був використаний в якості основного для оцінки показників якості змащувальної дії мастильних матеріалів в локальному контакті зубчатих передач.

Результати проведених досліджень відкрили новий шлях до скорочення часу припрацювання і підвищення його якості за рахунок оптимізації режиму при одночасному контролі якості.

Оптимальним з точки зору якнайшвидшого вигладжування і узгодження контактних поверхонь є режим припрацювання, при якому підтримують товщину мастильного шару, здатного попередити заїдання. Мінімальну товщину мастильного шару підтримують безперервно з початку припрацювання до досягнення номінального навантаження шляхом безперервного його регулювання. Відповідно до цієї товщини мастильного шару, значення падіння електричної напруги на ньому для кожної конструкції визначається експериментально на дослідних парах.

Відомо, [4,5] що ефективність дії мастильних матеріалів, призначених для роботи в умовах граничного і гідродинамічного тертя, визначається не тільки їх реологічними властивостями, але і їх схильністю до утворення в контакті пар тертя самогенеруючих органічних плівок (СОП) з одного боку, і їх здатністю забезпечувати оптимальну мікрогеометрію поверхонь тертя з іншого. Однак, як і

утворення СОП, так і формування оптимальної мікрогеометрії поверхонь тертя, відбувається на початковій стадії їх експлуатації – тобто на стадії припрацювання. Тому утворення СОП небажано в період зношування при припрацюванні, так як це збільшує тривалість припрацювання і погіршує якість поверхонь. Для запобігання утворенню СОП в період зношування при припрацюванні і прискорення процесу припрацювання застосовують присадки поверхнево-активних речовин (ПАР).

Введення ПАР в масла пригнічує процес утворення СОП, що призводить до прискореного припрацювання контактуючих поверхонь. Наступне, після отримання плями контакту, нагрівання масла до температури десорбції або розкладання ПАР [6] інтенсифікує утворення СОП.

Прискорення припрацювання контактуючих поверхонь передбачає швидкий перехід в діапазон навантажень, які відповідають мінімальним значенням темпу зносу контактуючих поверхонь.

Мета дослідження – вивчення впливу поверхнево-активних присадок на процес припрацювання зубчастих передач.

Методика досліджень. У відповідності до поставленої мети досліджувався вплив мурашиної кислоти (ПАР) на процес припрацювання в середовищі мінеральної оливи МК-8, яка інтенсивно утворює СОП вже при кімнатній температурі. Досліди проводились на машині тертя СМЦ-1 на ролікових зразках, виготовлених з нормалізованої сталі 45 твердістю НВ 220, з шорсткістю R_z робочих поверхонь 0,4-0,32мкм., при постійних контактних напруженнях 700МПа, сумарній швидкості кочення V_{Σ} 4,23м/с та коефіцієнта проковзування 20%. Присадку мурашиної кислоти вводили в оливу МК-8 безпосередньо перед дослідями.

За основні параметри, які характеризують процес припрацювання, були прийняті товщина мастильного шару h , коефіцієнт тертя $f_{\text{терт.}}$ та кінцева величина шорсткості R_z . Товщину мастильного шару та момент тертя визначали за методикою, наведеною в [5], а шорсткість оцінювали згідно з методикою, наведеною в [7].

Обговорення результатів. На рис. 1 та рис.2. наведені графіки зміни товщини змащувального шару, коефіцієнту тертя та шорсткості поверхонь від часу припрацювання

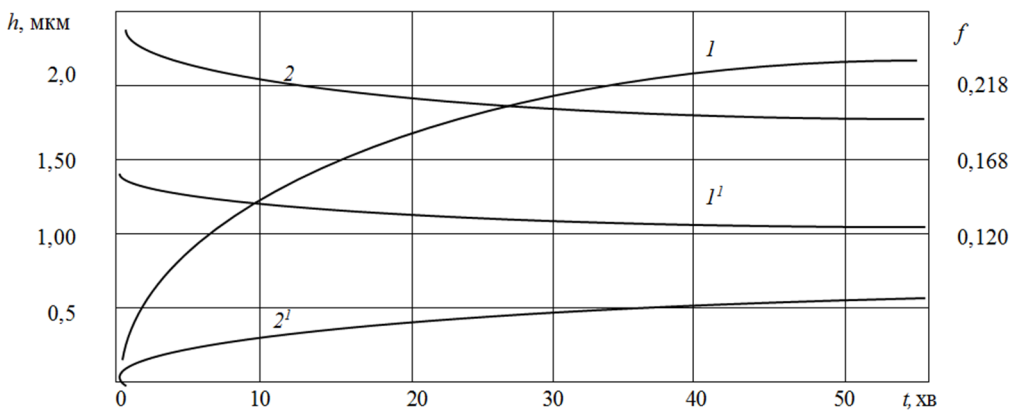


Рис. 1. Зміна товщини змащувального шару та коефіцієнту тертя при припрацюванні на оливі МК-8 (криві 1 та 1') без присадок та з 1% поверхнево-активної присадки мурашиної кислоти (криві 2 та 2')

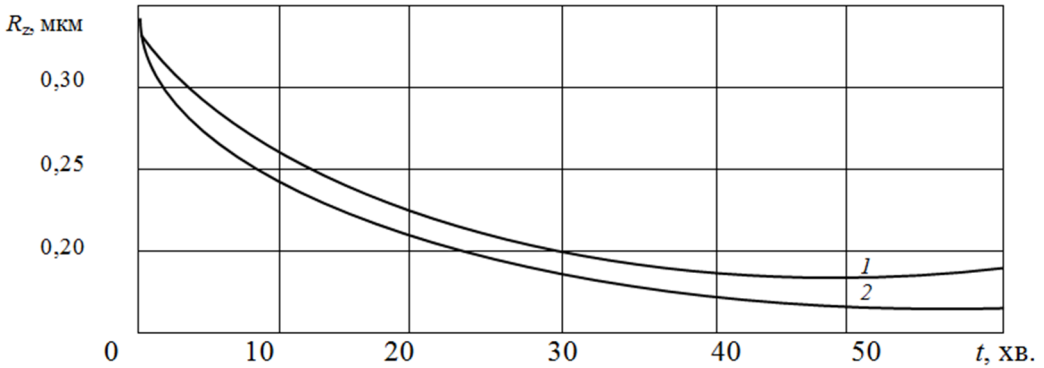


Рис. 2. Зміна шорсткості поверхонь під час припрацювання на МК-8 без присадок (крива 1) та з присадкою мурашиної кислоти (крива 2).

При припрацюванні зразків на оливі МК-8 без поверхнево-активної присадки мурашиної кислоти (криві 1 та 1') СОП утворювалися з перших хвилин дослідів та щільно укривали контактуючі поверхні. Товщина масляного шару стабілізувалася через 40 хвилин. Шорсткість поверхонь становила 0,18 мкм при наявності на них СОП. Після видалення СОП слабким розчином сірчаної кислоти, шорсткість поверхонь складала 0,25 мкм. Збільшення шорсткості поверхонь при видаленні СОП пояснюється тим, що матеріал плівки до видалення заповнював западини поверхонь контакту та нівелював поверхні. Після введення до мастила поверхнево-активної присадки утворення СОП припинилося. Припинення утворення СОП контролювалося шляхом вимірювання падіння напруги на масляному шарі в режимі нормального тліючого розряду (НТР) та візуального спостереження. В наших дослідженнях припинення утворення СОП починалось при введенні в оливу МК-8 не менше 1% присадки. При меншій кількості мурашиної кислоти утворення СОП повністю не припинялося, а лише сповільнювалося. При цьому СОП з'являлися в зоні тертя у вигляді окремих смужок на поверхнях тертя, які орієнтовані в напрямку тертя.

Припрацювання на оливі МК-8 з присадкою закінчувалося формуванням змащувального шару (крива 2) суттєво меншої товщини, ніж на оливі МК-8 без присадки. При цьому товщина цього шару стабілізувалась через 25 хвилин. Шорсткість поверхонь складала 0,087 мкм. При збільшенні кількості присадки ПАР з 1% до 2% різко зростала шорсткість.

Таким чином, введення до оливи присадки ПАР значно скорочує час формування оптимальної мікрогеометрії поверхні тертя, а утворення СОП забезпечується нагріванням мастильного середовища до температури десорбції поверхнево-активних молекул мурашиної кислоти (до 373°K), після чого на поверхнях, що труться, утворюються щільні шари СОП темно-коричневого кольору.

Висновки. Виконані дослідження припрацювання та формування змащувальних шарів шляхом вимірювання їх товщини дозволили встановити наступне:

1. Запропонований метод припрацювання кінематичних пар тертя в мастильному середовищі, в основі якого є принцип регулювання товщини та стану третього тіла, ефективний для припрацювання поверхонь, коли основною метою є зниження до мінімум зносу в період припрацювання.

2. Введення до мінеральної оливи МК-8 мурашиної кислоти як поверхнево-

активної присадки призводить до зменшення інтенсивності утворення СОП, а при збільшенні концентрації навіть припинення, що прискорює процес припрацювання та покращує якість поверхонь.

3. Подальше нагрівання олив з поверхнево-активними речовинами до температури десорбції молекул ПАР призводить до інтенсифікації утворення СОП, що в свою чергу підвищує зносостійкість та контактну витривалість пар тертя.

Список літератури

1. Райко М. В. Смазка зубчатих передач / Райко М.В. – К, Техніка, 1970. – 196 с.
- 2 Стадник В.А. Смазочное действие самогенерирующихся органических плёнок, образованных индивидуальными углеводородами в условиях качения со скольжением дисс... канд. техн. наук. – К., 1984. – 242с.
3. Мельник В.Б. Вплив карбонофторидних присадок на показники якості змащувальної дії мастильних матеріалів в процесі припрацювання зубчатих передач. / В.Б.Мельник, Ю.С. Леусенко // Проблеми тертя та зношування. Наук.-техн. зб. – К. НАУ, 2013, - вип. 1(60). – с. 74-77.
4. Управління якістю та експлуатаційними властивостями граничних змащувальних шарів у локальному контакті зубчатих передач. / Мельник В.Б., Кіндрачук М.В., Нечипорук В.В. // Мат. 17-го міжнародного науково-технічного семінара «Современные проблемы производства и ремонта в промышленности и на транспорте», 20-24 февраля 2017 г. – Свалява, 2017, - с. 188-190.
5. Мельник В.Б. Смазочное действие масел с карбонофторидными присадками при нестационарных режимах трения / В.Б.Мельник, Р.Г.Мнацаканов, В.П.Федина // Проблеми тертя та зношування: Науково-техн. зб. – К.: НАУ, 2007 – Вип. 47. – С.250-267.
6. Мельник В.Б. Фізико-хімічна модель механізму змащувальної дії присадок у лобному контакті зубчатих передач. Modern methods, innovations and experience of practical application in the field of technical sciences December 27-28, 2017 – Radom, Republic of Poland: 2017. – С. 126-130.
7. Мельник В.Б. Оцінка шорсткості поверхні в зоні контакту деталей машин. / В.Б. Мельник, В.В. Нечипорук // Проблеми тертя та зношування: Наук.-техн. зб. – К.: НАУ, 2015 – вип. 3(60) - С.74-77.

Стаття надійшла до редакції 24.09.2019.

Мельник Володимир Борисович – канд. техн. наук, доцент кафедри машинознавства, Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03680, тел.: +38 044 406 74 14, E-mail: melnikvb408@gmail.com.

Радько Олег Віталійович – канд. техн. наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри машинознавства, Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03680, тел.: +38 044 406 74 14, E-mail: radlviv@ukr.net.

Федорчук Світлана Володимирівна – старший викладач кафедри машинознавства, Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03680, тел.: +38 044 406 74 14.

Льїна Ольга Андріївна – студент Національного авіаційного університету, Київ, Україна.

V. B. MELNYK, O. V. RADKO, S. V. FEDORCHUK, O. A. ILINA

THE INFLUENCE OF LUBRICANTS SURFACE-ACTIVE SUBSTANCES ON THE GEARS WEARING-IN QUALITY

The results of the study of lubricating layers formed by oils with surface-active additives on the quality of running-in of friction pairs with local contact under rolling with sliding are presented. The effect of formic acid (surface-active substances – SAS) on the process of running-in in the mineral oil MK-8 medium, which intensively forms SOP already at room temperature, was investigated. The experiments were carried out on a friction machine SMC-1 on roller specimens made of normalized steel 45 with a hardness of HB 220, with a roughness of Rz of working surfaces of 4-3,2 microns, at constant contact stresses of 700MPa, a total rolling speed of V_{Σ} 4,23m/s and a slip factor of 20%. Formic acid additive was introduced into MK-8 oil immediately before the experiments. The main parameters characterizing the running-in process were the thickness of the lubricating layer h , the friction coefficient f_{ter} and the final roughness Rz. The method of kinematic friction pairs running-in in the lubricating medium is proposed, which is based on the principle of regulating the thickness and condition of the third body, which is effective for surface treatment when the main purpose is to minimize wear during the working period. It is shown that the introduction of SAS into oils suppresses the formation of self-generating organic films (SOPs), which leads to accelerated running-in of contact surfaces. The subsequent heating of the oil to the desorption or decomposition of SAS molecules after receiving the contact spot stimulates the formation of SOPs and contributes to the rapid transition to the load range corresponding to the minimum value of wear of the contact surfaces.

Keywords: lubricating effect, surface-active substances, thickness of lubricating layer, self-generating organic films, quality of running-in.

References

1. Raiko M. V. Smazka zubchatykh peredach./ Raiko M.V. – K., Tekhnika, 1970. – 196 s.
2. Stadnyk V.A. Smazochnoe deistviye samohenergiyuisshchikhsia orhanycheskykh plėnok, obrazovanykh undvyudualnyu uhlevodorodamy v uslovyakh kacheniya so skolzhenyem dyss....kand. tekhn. nauk. – K., 1984. – 242s.
3. Melnyk V.B. Vplyv karbonoftorydnykh prysadok na pokaznyky yakosti z mashchuvapnoi dii mastylnykh materialiv v protsesi prypratsiuvannia zubchatykh peredach. / V.B.Melnyk, Yu.S. Leusenko // Problemy terttia ta znoshuvannia Nauk.- tekhn. zb. – K. NAU, 2013, - vyp. 1(60). – s. 74-77.
4. Upravlinnia yakistiu ta ekspluatatsiinymy vlastyvostiamy hranychnykh mashchuvapnykh shariv u lokalnomu kontakti zubchastykh peredach. / Melnyk V.B., Kindrachuk M.V., Nechyporuk V.V. // Mat. 17-ho mezhdunarodnoho nauchno-tekhnicheskoho semynara «Sovremennyye problemy proyzvodstva y remonta v promyshlenosty y na transporte», 20-24 fevralia 2017 h. – Svaliava, 2017, - s. 188 -190.
5. Melnyk V.B. Smazochnoe deistviye masel s karbonoftorydnyu prysadkamy pry nesatsyonarnykh rezhymakh trenyia / V.B.Melnyk, R.H.Mnatsakanov, V.P.Fedyna // P.roblemy terttia ta znoshuvannia: Naukovo-tekhn. zb. – K.: NAU, 2007 – Vyp. 47. – S.250-267.
6. Melnyk V.B. Fiziko-khimichna model mekhanizmu mashchuvapnoi dii prysadok u lolnomu kontakti zubchatykh peredach. Modern methods, innovations and experience of practical application in the field of technical sciences December 27-28, 2017 – Radom, Republic of Poland: 2017. – C. 126-130.
7. Melnyk V.B. Otsinka shorstkosti poverkhni v zoni kontaktu detalei mashyn. / V.B. Melnyk, V.V. Nechyporuk // Problemy terttia ta znoshuvannia: Nauk.- tekhn. zb. – K.: NAU, 2015 – vyp. 3(60) - S.74-77.