

МЕХАНІЗМ ФОРМУВАННЯ АДСОРБЦІЙНИХ ГРАНИЧНИХ ШАРІВ НА ПОВЕРХНІ МЕТАЛУ

Дмитриченко М.Ф., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, dmitrichenko@ntu.edu.ua, orcid.org/0000-0003-4223-1838

Білякович О.М., кандидат технічних наук, Національний авіаційний університет, Київ, Україна, oleg65@voliacable.com, orcid.org/0000-0002-2423-2346

Савчук А.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, tolik_savchuk@bigmir.net, orcid.org/0000-0001-5460-4879

Туриця Ю.О., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, yuliya_tur@ukr.net, orcid.org/0000-0002-2205-0426

MECHANISM OF FORMATION OF ADSORPTION BORDERS ON THE SURFACE OF A METAL

Dmytrychenko M.F., doctor of technical science, National Transport University, Kyiv, Ukraine, dmitrichenko@ntu.edu.ua, orcid.org/0000-0003-4223-1838

Bilyakovych O.N., Ph.D, associate professor National Aviation University, Kyiv, Ukraine, oleg65@voliacable.com, orcid.org/0000-0002-2423-2346

Savchuk A.N., associate professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine, tolik_savchuk@bigmir.net, orcid.org/0000-0001-5460-4879

Turitsa Y.A., associate professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine, yuliya_tur@ukr.net, orcid.org/0000-0002-2205-0426

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ АДСОРБЦИОННЫХ ГРАНИЧНЫХ СЛОЕВ НА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА

Дмитриченко Н.Ф., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, dmitrichenko@ntu.edu.ua, orcid.org/0000-0003-4223-1838

Білякович О.Н., кандидат технических наук, Национальный авиационный университет, Киев, Украина, oleg65@voliacable.com, orcid.org/0000-0002-2423-2346

Савчук А.Н., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, tolik_savchuk@bigmir.net, orcid.org/0000-0001-5460-4879

Турица Ю.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, yuliya_tur@ukr.net, orcid.org/0000-0002-2205-0426

Постановка проблеми.

Присадки, що працюють в умовах граничного тертя, повинні складатися з суміші різних речовин, які мають проявляти ефективну адсорбційну здатність молекул, що забезпечує утворення адаптаційної граничної плівки, яка захищає контактуючі пари тертя від безпосереднього контакту. Тому при виконанні експериментальних досліджень по вивченню змащувальної здатності присадки фулерен C_{60} в базовій оливі І-40 (20% концентрація суспензії) основною задачею є виявлення фізико-хімічних властивостей, які обумовлюють інтегральний ефект та встановлення механізму утворення і адаптації граничного шару на контактуючих поверхнях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Відомо, що найкращі умови тертя в неконформних вузлах, що забезпечують справну роботу і високу довговічність, створюються при реалізації гідродинамічної або еластогідродинамічної плівки змащувального матеріалу в контакт. Найважливішим положенням при розробці базових моделей плівки змащувального матеріалу і конструюванні неконформних вузлів тертя є припущення про повне заповнення зазору між деталями змащувальним матеріалом. Досвід редукторобудівельних заводів показує, що після складання фактична площа контакту циліндричних зубчастих пар твердості 40-60 (HRC) складає 30-50% площі активної поверхні, тобто при навантаженні такої передачі згідно допустимим паспортним навантаженням напруга, яка діє в зоні контакту, перевищить розрахункові значення в 2 – 3 рази, що може викликати відмову в першій же період роботи передачі [1, 2].

Мета роботи.

Метою роботи являлось встановлення механізму утворення адсорбційних граничних шарів на поверхні металу в триботехнічному контакті при змащуванні мінеральною оливою I-40 та 20% суспензією фулерену C_{60} в нестационарних умовах тертя.

Формування цілей статті.

В роботі було досліджено вплив активованої поверхні металу та температури на формування граничних плівок, збільшення товщини яких забезпечує домінування в контакті гідродинамічного режиму мащення. Взаємодія металевих поверхонь в змащувальному середовищі при граничному терті, переважаючим в несталих режимах роботи, визначається комплексом механо-фізико-хімічних процесів, що протікають на контактуючих поверхнях і залежать від складу і властивостей змащувального середовища [3]. У разі утворення полімолекулярного граничного шару вирішальну роль відіграють молекулярно-кінетичні чинники, які визначають опір зношуванню цього шару; при мономолекулярному адсорбційному шарі важливим фактором є міцність адсорбційного зв'язку і кінетика відновлення адсорбційного шару на ювенільній поверхні [4].

Випробування проводили по схемі ролик-ролик (Ст 40X, HRC 43) на установці СМЦ-2 (рис. 1) в режимі частих пусків-зупинок (розгін до сумарної швидкості кочення 1,89 м/с, негайне гальмування до повної зупинки) в період пуску, при максимальному моменті тертя, в умовах кочення (проковзування – 15%). Цикли розгін (4с) – гальмування (3,5с) слідує один за іншим, без перерви. Кількість циклів в експерименті – $N = 3000$. Об'ємна температура оливи до $N = 1000$ складала 16°C , потім поступово збільшувалася до 70°C при $N \leq 2500$. Дослідження проводилися при контактній нарузі 550 МПа.



Рисунок 1 – Загальний вигляд триботехнічного комплексу СМЦ-2 з допоміжним обладнанням
Figure 1 - General view of the SMC-2 tribotechnical complex with auxiliary equipment

Кінематичний ланцюг приводу представляє собою замкнутий силовий контур, який складається з двох розгалужень, з'єднаних в місці контакту роликів. Живлення приводу силового контуру здійснюється від авіаційного генератора постійного струму ГСК-1500Ж, керування потужністю реалізується через перетворювальний цифровий блок. На привідному валу кріпиться нижній зразок-ролик. Верхній зразок-ролик закріплюється на вихідному валу каретки. Навантаження вузла тертя здійснюється за рахунок встановленої штатної системи установки СМЦ-2.

Для комутації аналогових сигналів і перетворення їх в цифровий код використовується програмований комплекс, до складу якого входить аналого-цифровий перетворювач (АЦП) фірми „Хоневел”. У програмі реалізований апаратний запуск АЦП. З метою здійснення апаратного запуску АЦП через різні проміжки часу в загальне коло включений таймер, який дозволяє з певною періодичністю або постійно реалізувати обертальний рух тіл кочення, які формують зачеплення пари тертя..

Випробувальна машина тертя СМЦ-2 забезпечує роботу в умовах тертя кочення з проковзуванням та ковзання. З метою проведення експериментальних досліджень в умовах реалізації

заданих режимів мащення, вузол тертя (рис. 3) працює при постійному об'ємі мастильного матеріалу (≈ 200 мл). Зона контакту зразків занурена в мастильний матеріал, і тим самим, поліпшується тепловідвід з робочих поверхонь рухомих сполучень і постачання в зону тертя мастильного матеріалу, що наближає умови роботи вузла тертя до реальних.

Для оцінки триботехнічних характеристик пари ролик-ролик в роботі була використана пара тертя ролик-ролик, яка представлена на рис. 3 [5].

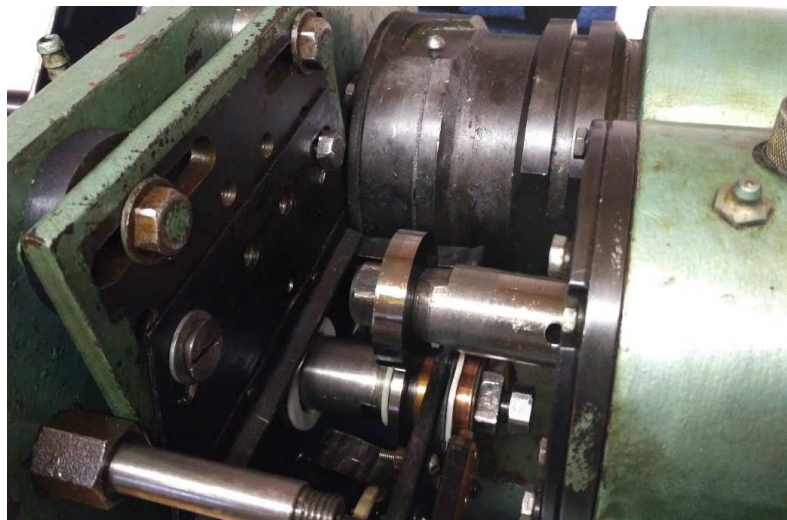


Рисунок 2 – Вузол тертя ролик-ролик із пристосуванням на машині тертя СМЦ-2
Figure 2 - Friction roller assembly with a device on the SMC-2 friction machine

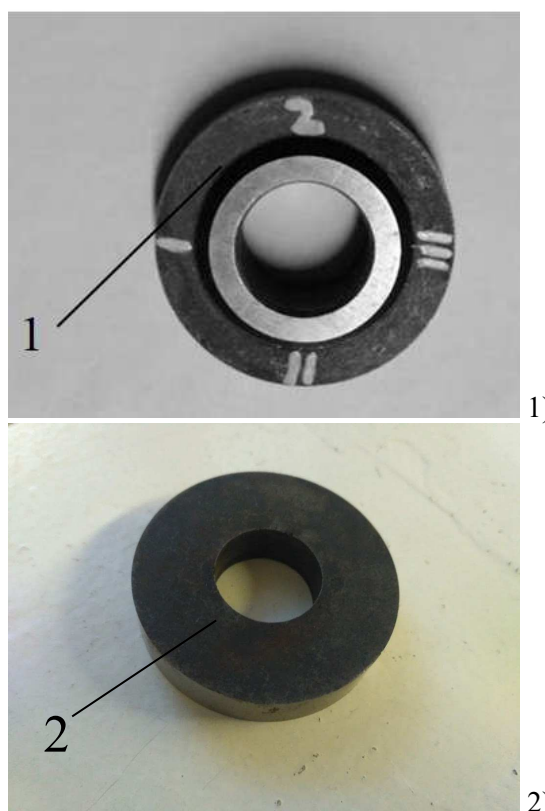


Рисунок 3 – Зразки для лабораторних досліджень:
1 – ролик (відстаюча поверхня); 2 – ролик (випереджаюча поверхня)
Figure 3 – Samples for laboratory research: 1 – roller (lagging surface), 2 – roller (leading surface)

В умовах проведення експериментальних досліджень визначну роль відіграють розміри зразків [6]. Зразки для випробувань представляють собою ролики з розмірами $d = 50$ мм (рис. 3). Зразки –

ролики були виготовлені зі сталі 40X. Вибір сталі 40X для виготовлення зразків-роликів пов'язаний з тим, що прийнята сталь використовується для виготовлення багатьох деталей машин і механізмів, наприклад коліс зубчатих зачеплень.

Виклад основного матеріалу.

В умовах частих пусків - зупинок при застосуванні методу вимірювання падіння напруги в режимі нормального тліючого розряду для базової мінеральної оливи І-40 в процесі напрацювання до $N \leq 250$ в 70% циклів встановлено зрив змащувального шару на стоянці ($h_{\text{негідр.}}$), що призводило до металевого контакту пар тертя. Унаслідок активації поверхонь метала при багатоциклових діях і поляризації вуглеводневих молекул змащувального матеріалу під дією електричного поля твердої фази, відбувається формування адсорбційного граничного шару. При $250 \leq N \leq 1000$ товщина граничної плівки складає 0,06 - 1,76 мкм, відбувається адаптація сформованого шару до динамічних умов навантаження, значно знижується ступінь безпосереднього контакту поверхонь тертя – до 20%. З підвищенням температури зафіксовано збільшення частоти зриву масляного шару на стоянці, що свідчить про дезорієнтацію адсорбованих молекул унаслідок слабких адгезійних і когезійних взаємодій молекулярних сил. Проте, у міру напрацювання $N \geq 1280$ відбувається повторна адаптація адсорбційних шарів до циклічних навантажень – товщина граничного шару складає 0,25-2,54 мкм. Зрив змащувального шару зафіксований в 5% циклів (рис. 4).

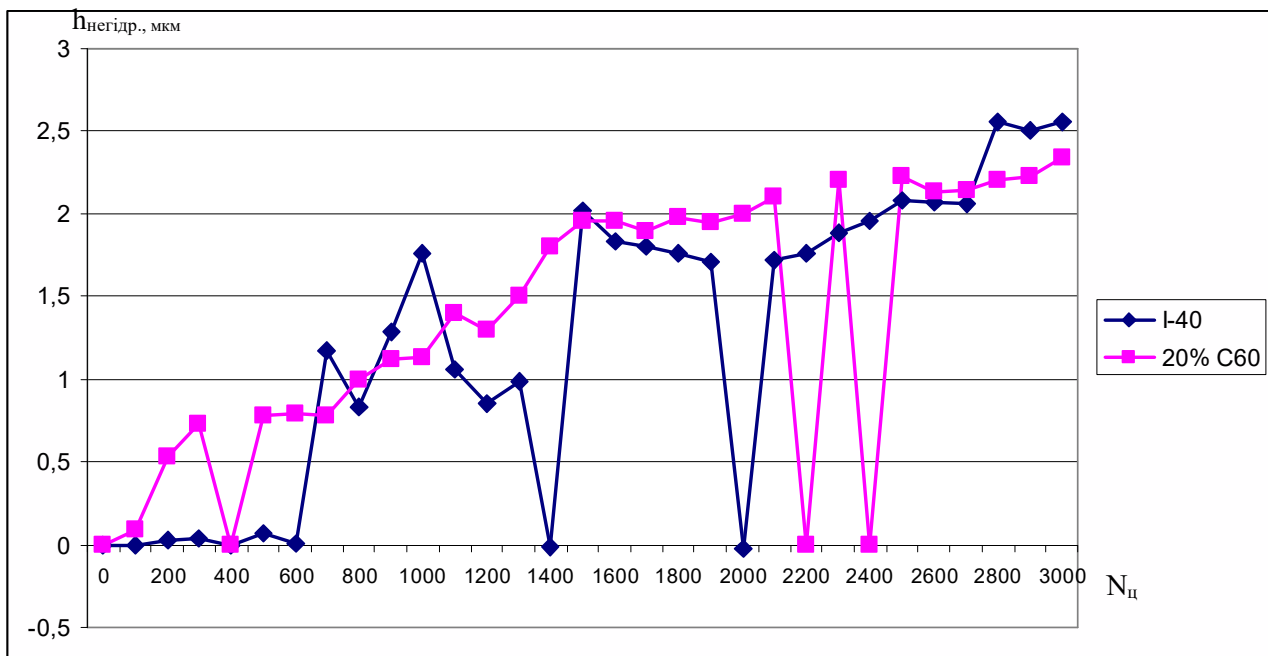


Рисунок 4 – Формування негідродинамічної складової товщини мастильного шару при напрацюванні при поступовому збільшенні температури мастильного матеріалу
 Figure 4 – Formation of a non-hydrodynamic component of the thickness of the lubricant layer during production with a gradual increase in the temperature of the lubricant

Слід зазначити, що із збільшенням температури відбувається синергізм впливу активованої поверхні металу і підвищеного ступеня окислювальних процесів в контакті, що обумовлює протікання складних фізико-хімічних реакцій окислення і полімеризації вуглеводневих компонентів оливи. Наслідком вищезазначених процесів є формування на поверхні металу хемосорбційних плівок завтовшки 0,065 - 0,164 мкм.

Приріст товщини змащувального шару при пуску із збільшенням частоти обертання, практично не залежить від температури і складає 0,6 - 0,7 мкм впродовж всього експерименту. Тому, характеризуючи режим мащення за критерієм, який враховує товщину змащувального шару в контакті, ми вважаємо, що ефективність змащувальної дії оливи І-40 визначається здатністю формувати стійкі граничні шари (рис. 5). Для І-40 характерний граничний режим тертя до $N \leq 250$, далі, по мірі адаптації адсорбційного шару, встановлюється змішаний режим тертя до $N \leq 1000$. З підвищенням температури, унаслідок дезорієнтації молекул і зриву граничного шару, зафіксований граничний режим тертя, а подальше формування адсорбційних плівок при $t = 50-70^{\circ}\text{C}$ забезпечує реалізацію гідродинамічного режиму тертя в контакті в несталіх умовах роботи. 20% суспензія на

основі фулерена C_{60} характеризується ефективнішою здатністю, в порівнянні з I-40, формувати граничні адсорбційні шари при $t = 16^{\circ}C$. В ході експерименту встановлено, що при $N \leq 200$ товщина плівок складає 0,09-0,53 мкм, а зрив змащувального шару на стоянці зафіксований лише в 5% циклів. У міру напрацювання, в 50% циклів адсорбційні шари досягають 1-2 мкм, проте вони нестабільні і швидко руйнуються. При підвищенні температури відбувається дезорієнтація змащувальної граничної плівки і її стирання в період частих пусків-зупинок на всій площі контактуючих поверхонь. Повторна адаптація і формування адсорбційного шару ($h=0,186-2,314$ мкм) встановлюється при $N \geq 2100$. Це, в основному, шари фізичної природи, нестабільні, легко видаляються з поверхні металу унаслідок слабких адгезійних зв'язків (в 32% циклів зафіксований зрив змащувального шару).

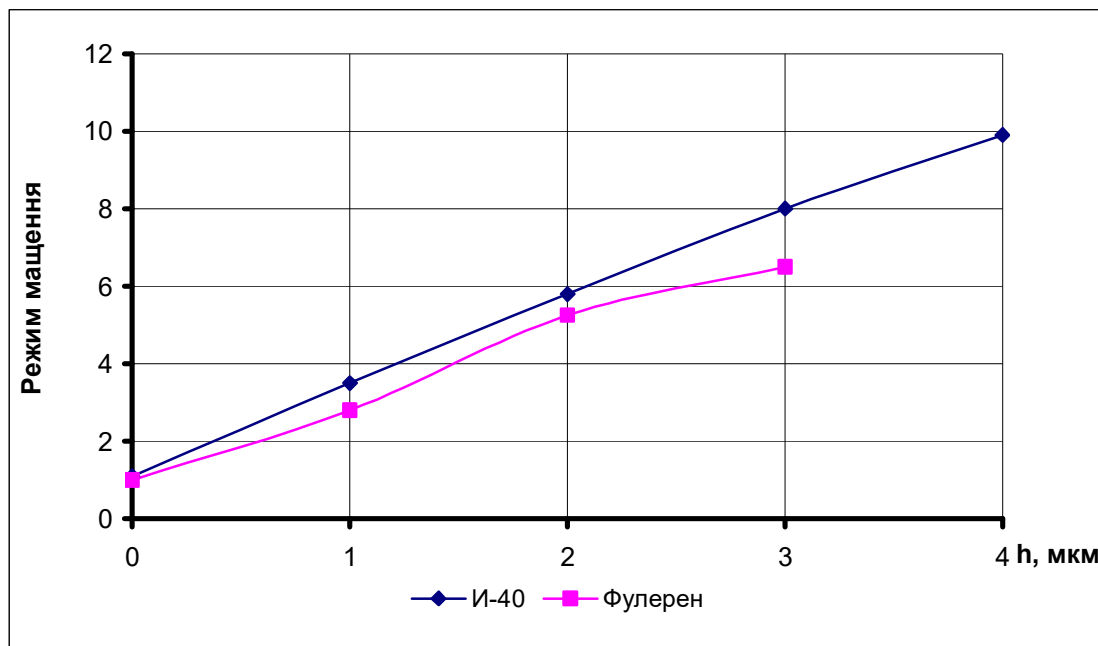


Рисунок 5 – Залежність критерію режиму мащення (λ) від товщини адсорбційного граничного шару
 Figure 5 – Dependence of the criterion of the lubrication mode (λ) on the thickness of the adsorption boundary layer

На рис.6 представлена фотографія поверхні тертя, де чітко видно утворення плівки на всій площі контакту. Одержані експериментальні дані свідчать про утворення хемосорбційних плівок ($h=0,057-0,207$ мкм) на 70% площі контакту поверхонь.

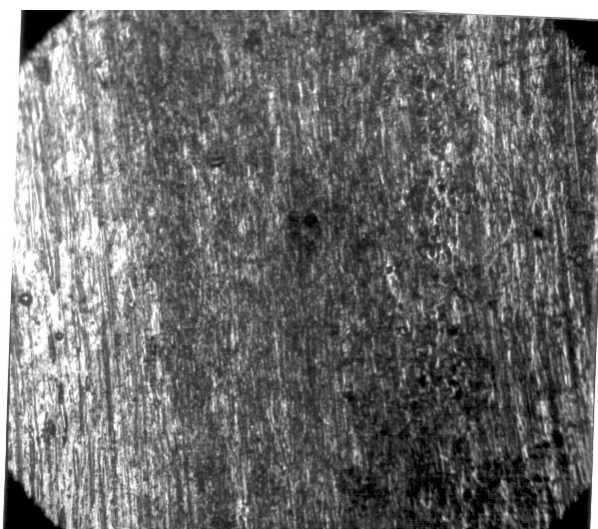


Рисунок 6 – Поверхня тертя при змащуванні мастильним матеріалом з використанням присадки фулерен C_{60}
 Figure 6 – friction surface during lubrication with a lubricant using an additive of fullerene C_{60}

Молекули фулерена C_{60} в кристалі зв'язані слабкими Ван-дер-Ваальсовими силами. Згідно розрахункам по методу молекулярних орбіталей гранецентрована решітка фулерита C_{60} описується рядом зон, які не перекриваються, з шириною 1,5-1,8 еВ, тобто фулерит є напівпровідником [7]. Місткість валентної зони, здатної сприймати доповані електрони, обмежена 6 електронами. В роботі [8] вказується, що при $0 < x < 3$ (x - кількість е) провідність зразка зростає із збільшенням x , а при $x=6$ зона провідності виявляється заповненою повністю і властивості зразка залежать від того, яка структура наступної вільної зони. Ми припускаємо, що в контакті тертя відбувається два взаємозв'язані процеси: поверхня металу віддає електрони в зону провідності напівпровідника, а молекули вуглеводнів, поляризуючись в контакті, здатні забирати електрони з валентної зони. Унаслідок частої зміни фізичних адсорбційних шарів домінує другий процес, вуглеводневі молекули в даному випадку служать допантами р-типу. Використовуючи метод вимірювання падіння напруги, ми, реєструючи на стоянці відсутність змащувального шару, імовірно, стикаємося з фулереновим шаром як напівпровідника, оскільки при оптичному збільшенні виявляється плівка.

В умовах багатоциклових дій при динамічному навантаженні в контакті з використанням присадки фулерен C_{60} домінує граничний режим мащення ($\lambda = 1,207-2,101$), у міру напрацювання встановлюється змішаний режим мащення з переважанням гідродинамічного в 50% циклів ($\lambda \geq 4,086$).

У наших дослідженнях встановлено, що в несталих умовах роботи відбувається руйнування адсорбційних шарів, що призводить до утворення ювенільної поверхні, внаслідок чого відбувається емісія екзоелектронів. Десорбовані молекули граничної плівки повинні проявляти найбільшу здібність до реакцій з екзоелектронами унаслідок їх активованого стану, що призводить до утворення аніонів, аніон - радикалів і радикалів з вуглеводневих компонентів. При взаємодії активованих аніонів і радикалів з позитивно зарядженими мікроповерхнями утворюються хемосорбційні плівки (продукти типу смол або полімерів тертя, продукти окислення).

Мінеральна олива І-40 містить 66% нафтенно-парафінової фракції і 32,5% ароматичної. В роботі [9] досліджувалася поляризація ароматичних вуглеводнів під впливом електричного поля твердої фрази і утворення полімерів тертя, що узгоджується з експериментально встановленою здатністю І-40 формувати хемосорбційні плівки.

При введенні в оливу дисперсної добавки, яка характеризується пошаровою структурою кристалічної решітки (фулерен C_{60}), домінуючим чинником в процесі формування стійких граничних шарів є інтенсивність плівкоутворення вуглеводневих компонентів оливи і полімеризація кулеподібних молекул присадки на поверхні, що полегшує проковзування кристалітів під дією тангенціальних сил і зменшує імовірність руйнування адсорбційного шару при значній когезійній складовій при взаємодії молекул, здатних до поляризації.

Висновок.

Таким чином за результатами проведених досліджень було встановлено, що в нестационарних режимах роботи, внаслідок активації поверхонь тертя в умовах частих пусків-зупинок, відбувається формування і адаптація граничних адсорбційних шарів при змащуванні поверхонь тертя І-40 та 20% суспензією фулерена C_{60} за рахунок полімеризації вуглеводневих компонентів; досліджено механізм полімеризації молекул в контакті з позиції емісії електронів з поверхонь пар тертя, що обумовлює поляризацію вуглеводнів, підвищує адгезійні та когезійні сили взаємодії.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Крагельский И.В. Развитие науки о трении. Сухое трение. / И.В Крагельский, В.С. Щедров – М.: АН СССР, 1956, 237с.
2. Petrokovets M.I. Thermal Inetability of Frition Pairs / M.I. Petrokovets, P.N. Bgodanovich, D.V. Tkachuk // Problemy exspoatacil. – 1998. – № 3. – Р. 189–198.
3. Пичугин В.Ф., Ковалева Е.В. Механохимические изменения при граничном трении стали в присутствии углеводородных сред // Машиноведение. – №3. – 1977. С. 79-86.
4. Фукс Г.И. Адсорбция и смазочная способность масел // Трение и износ. – том IV, №3. – 1983. – С. 398 – 411.
5. Кульгавый Э.А. Трибологические характеристики и их применение. Проблемы трибологии. 2003, №3. С. 51-61.
6. Фролов К.В. Методы совершенствования машин и современные проблемы машиностроения / К.В. Фролов. – М.: Машиностроение, 1984.– 224 с.
7. Parker D.H., Chatterjee K, Wurr P, Lukke K P. Fullerenes and giant fullerenes synthesis, separation and mas-spectrometric characterization // Carbon. – №8. – 1992. – Р. 1167-1182
8. Трефилов В.И., Щур Д.В., Тарасов Б.П., Шульга Ю.М. и др. Фуллерены – основа материалов

будущего. – г.Киев: ИПМНАУ и ИПХФ РАН, 2001. – 148с.

9. Дмитриченко Н.Ф. Исследование влияния газовых сред на смазочную способность минеральных масел, их противоизносного и демпфирующего действий в зацеплении зубьев зубчатых передач. – Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. – Киев. – КИИГА. – 1980.

REFERENCES

1. Kragelsky I.V., Schedrov V.S. (1956) The development of the science of friction. Dry friction. M.: AN SSSR, 237 p. [in Russian]
2. Petrokovets M.I. Bgodanovich P.N., Tkachuk D.V. (1998) Thermal Inetability of Frition. [Problemy exspootacil]. Vol. 3. 189-198 [in English]
3. Pichugin V.F., Kovaleva E.V. (1977) Mechanochemical changes in the boundary friction of steel in the presence of hydrocarbon media. Mashinovedenie. Vol.3. 79-86. [in Russian]
4. Fuchs G.I. (1983) Adsorption and lubricating ability of oils [Friction and wear]. Vol. IV, №3. 398-411. [in Russian]
5. Kulgavy E.A. (2003) Tribological characteristics and their application. [Problems tribology]. №3. 51-61 [in Russian]
6. Frolov K.V. (1984) Methods of improving machines and modern problems of mechanical engineering. M.: Mashinostroenie, 224 p. [in Russian]
7. Parker D.H., Chatterjee K, Wurr P, Lukke K P. (1992) Fullerenes and giant fullerenes synthesis, separation and mas-spectrometric characterization [Carbon]. №8. 1167-1182 [in English]
8. Trefilov V.I., Shchur D.V., Tarasov B.P., Shulga Yu.M. and others. (2001) Fullerenes are the basis of the materials of the future. – Kiev: IPIMANU and IPCP RAS, 148 p. [in Russian]
9. Dmitrichenko N.F. (1980) Investigation of the effect of gaseous media on the lubricity of mineral oils, their anti-wear and damping effects in the gearing of gear teeth. – Thesis for the degree of Ph.D. .– Kiev.– КИГА. [in Russian]

РЕФЕРАТ

Дмитриченко М.Ф. Механізм формування адсорбційних граничних шарів на поверхні металу / М.Ф. Дмитриченко, О.М. Білякович, А.М. Савчук, Ю.О. Туриця // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник – К.: НТУ, 2019. – Вип. 3 (45).

В роботі було досліджено вплив активованої поверхні металу та температури на формування граничних плівок, збільшення товщини яких забезпечує домінування в контакті гідродинамічного режиму мащення. Взаємодія металевих поверхонь в змащувальному середовищі при граничному терті, переважаючим в несталих режимах роботи, визначається комплексом механо-фізико-хімічних процесів, що протікають на контактуючих поверхнях і залежать від складу і властивостей змащувального середовища.

Мета роботи – встановлення механізму утворення адсорбційних граничних шарів на поверхні металу в триботехнічному контакті при змащуванні мінеральною оливою І-40 та 20% суспензією фулерену C_{60} в нестационарних умовах тертя.

Матеріали та методи дослідження: випробування проводили по схемі ролик-ролик (Ст 40Х, НРС 43) на установці СМЦ-2 в режимі частих пусків-зупинок (розгін до сумарної швидкості кочення 1,89 м/с, негайне гальмування до повної зупинки) в період пуску, при максимальному моменті тертя, в умовах кочення (проковзування – 15%). Цикли розгін (4с) – гальмування (3,5с) слідуєть один за іншим, без перерви. Кількість циклів в експерименті – $N = 3000$. Об'ємна температура оливи до $N = 1000$ складала $16^{\circ}C$, потім поступово збільшувалася до $70^{\circ}C$ при $N \leq 2500$. Дослідження проводилися при контактній нарузі 550 МПа.

Встановлено, що в несталих умовах роботи відбувається руйнування адсорбційних шарів, що призводить до утворення ювенільної поверхні, внаслідок чого відбувається емісія екзоелектронів. Десорбовані молекули граничної плівки повинні проявляти найбільшу здібність до реакцій з екзоелектронами унаслідок їх активованого стану. Також встановлено, що в нестационарних режимах роботи, внаслідок активації поверхонь тертя в умовах частих пусків-зупинок, відбувається формування і адаптація граничних адсорбційних шарів при змащуванні поверхонь тертя І-40 та 20% суспензією фулерена C_{60} за рахунок полімеризації вуглеводневих компонентів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АДСОРБЦІЙНИЙ ГРАНИЧНИЙ ШАР, МАСТИЛЬНИЙ МАТЕРІАЛ, ЗМАЩУВАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ, ГРАНИЧНЕ ТЕРТЯ

ABSTRACT

Dmitrichenko M.F., Bilyakovich O.N., Savchuk A.N., Turitsa Yu.A. Mechanism of formation of adsorption borders on the surface of a metal. Visnyk of National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2019. Vol. 3 (45).

In this work, the effect of the activated metal surface and temperature on the formation of limiting films, the increase in the thickness of which ensures the dominance of the hydrodynamic lubrication regime at the contact, was investigated. The interaction of metal surfaces in a lubricating medium with boundary friction, which prevails in unstable operating modes, is determined by the complex of mechanical-physicochemical processes occurring on the contacting surfaces and depend on the composition and properties of the lubricating medium.

The purpose of the work is to establish the mechanism for the formation of adsorption boundary layers on the metal surface in tribotechnical contact when lubricated with I-40 mineral oil and 20% suspension of fullerene C₆₀ under non-stationary friction conditions.

Materials and research methods: the tests were carried out according to the roller-roller scheme (steel 40X, HRC 43) on the SMC-2 installation in the mode of frequent start-stops (acceleration to a total rolling speed of 1.89 m / s, immediate braking to a complete stop) in start-up period, at the maximum friction torque, in rolling conditions (slip - 15%). Acceleration cycles (4с) - braking (3.5s) follow one after the other, without interruption. The number of cycles in the experiment - N = 3000. The bulk temperature of the oil in N = 1000 was 16 ° C, then gradually increased to 70 ° C with N ≤ 2500 Studies were conducted at a contact voltage of 550 MPa.

It is established that in unstable working conditions, the adsorption layers are destroyed, which leads to the formation of a juvenile surface, resulting in the emission of an exoelectron. The desorbed molecules of the boundary film must exhibit the greatest ability to react with exoelectrons due to their activated state. It was also found that in non-stationary modes of operation, as a result of the activation of friction surfaces under conditions of frequent start-stops, the formation of the limiting adsorption layers during the lubrication of friction surfaces of I-40 and 20% fullerene C₆₀ suspension occurs due to polymerization of hydrocarbon components.

KEY WORDS: ADSORPTION BOUNDARY LAYER, LUBRICANTS, LUBRICANT MEDIUM, BOUNDARY FRICTION.

РЕФЕРАТ

Дмитриченко М.Ф. Механизм формирования адсорбционных граничных слоев на поверхности металла / М.Ф. Дмитриченко, О.Н. Билякович, А.М. Савчук, Ю.О. Туриця // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник – К.: НТУ, 2019. – Вып. 3 (45).

В работе было исследовано влияние активированной поверхности металла и температуры на формирование граничных пленок, увеличение толщины которых обеспечивает доминирование в контакте гидродинамического режима смазки. Взаимодействие металлических поверхностей в смазочной среде при граничном трении, преобладающим в неустойчивых режимах работы, определяется комплексом механо-физико-химических процессов, протекающих на контактирующих поверхностях и зависят от состава и свойств смазочной среды.

Цель работы – установление механизма образования адсорбционных граничных слоев на поверхности металла в триботехническом контакте при смазке минеральным маслом И-40 и 20% суспензией фуллерена C₆₀ в нестационарных условиях трения.

Материалы и методы исследования: испытания проводили по схеме ролик-ролик (ст 40X, HRC 43) на установке СМЦ-2 в режиме частых пусков-остановок (разгон до суммарной скорости качения 1,89 м / с, немедленное торможение до полной остановки) в период пуска, при максимальном моменте трения, в условиях качения (проскальзывание - 15%). Циклы разгон (4с) - торможение (3,5с) следуют один за другим, без перерыва. Количество циклов в эксперименте - N = 3000. Объемная температура масла в N = 1000 составляла 16°С, затем постепенно увеличивалась до 70°С при N ≤ 2500. Исследования проводились при контактной напряжении 550 МПа.

Установлено, что в неустойчивых условиях работы происходит разрушение адсорбционных слоев, что приводит к образованию ювенильной поверхности, в результате чего происходит эмиссия экзоелектронов. Десорбированные молекулы граничной пленки должны проявлять наибольшую способность к реакциям с экзоелектронами вследствие их активированного состояния. Также установлено, что в нестационарных режимах работы, в результате активации поверхностей трения в условиях частых пусков-остановок, происходит формирование и адаптация граничных адсорбционных слоев при смазке поверхностей трения И-40 и 20% суспензией фуллерена C₆₀ за счет полимеризации углеводородных компонентов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АДСОРБЦИОННЫЙ ГРАНИЧНЫЙ СЛОЙ, СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, СМАЗОЧНАЯ СРЕДА, ГРАНИЧНОЕ ТРЕНИЕ

АВТОРИ:

Дмитриченко Микола Федорович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua, тел. (044)2808203, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 318, orcid.org/0000-0003-4223-1838

Білякович Олег Миколайович, кандидат технічних наук, професор, Національний авіаційний університет, професор кафедри «Технологій аеропортів», e-mail: oleg65@voliacable.com, тел. (044)4067694, Україна, 03680, м. Київ, просп. Космонавта Комарова, 1, к.1.409, orcid.org/0000-0002-2423-2346

Савчук Анатолій Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», e-mail: tolik_savchuk@bigmir.net, тел. (044)2801886, Україна, 01010, м. Київ, вул., вул. Омеляновича-Павленка, 1, к.102, orcid.org/0000-0001-5460-4879

Туриця Юлія Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», e-mail: yuliya_tur@ukr.net, тел. (044)2801886, Україна, 01010, м. Київ, вул., вул. Омеляновича-Павленка, 1, к.102, orcid.org/0000-0002-2205-0426

AUTHORS:

Dmytrychenko Nikolay F., Ph.D., Engineering (Dr.), National Transport University, professor department of Manufacturing repair and materialoved, e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua, tel. (044)2808203, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovich Pavlenko str. 1, of. 318, orcid.org/0000-0003-4223-1838

Bilyakovych Oleg N., associate professor, National Aviation University, associate professor department of technologies of air-ports, e-mail: oleg65@voliacable.com, tel. (044)4067694, Ukraine, 03680, Kyiv, b. Cosmonaut of Komarova, 1, of. 1.409, orcid.org/0000-0002-2423-2346

Savchuk Anatoliy N, associate professor, National Transport University, associate professor department of Manufacturing repair and materialoved, e-mail: tolik_savchuk@bigmir.net, tel. (044)2801886, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovich Pavlenko str. 1, of. 102, orcid.org/0000-0001-5460-4879

Turitsa Yuliya A., associate professor, National Transport University, associate professor department of Manufacturing repair and materialoved, e-mail: : yuliya_tur@ukr.net, tel. (044)2801886, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovich Pavlenko str. 1, of. 102, orcid.org/0000-0002-2205-0426

АВТОРЫ:

Дмитриченко Николай Федорович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедры «Производство, ремонт и материалознавство», e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua, тел. (044)2808203, Украина, 01010, г. Киев, ул. Омеляновича-Павленко, 1, к. 318, orcid.org/0000-0003-4223-1838

Миланенко Александр Анатолиевич, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Производство, ремонт и материалознавство», e-mail: milanmasla@gmail.com, тел. (044)2801886, Украина, 01010, г. Киев, ул. Омеляновича-Павленко, 1, к.102, orcid.org/0000-0002-2423-2346

Білякович Олег Николаевич, кандидат технических наук, Национальный авиационный университет, профессор кафедры «Технологій аеропортів», e-mail: oleg65@voliacable.com, тел. (044)4067694, Украина, 03680, м. Киев, просп. Космонавта Комарова, 1, к.1.409, orcid.org/0000-0002-2423-2346

Туриця Юлия Александровна, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Производство, ремонт и материалознавство», e-mail: yuliya_tur@ukr.net, тел. (044)2801886, Украина, 01010, г. Киев, ул. Омеляновича-Павленко, 1, к. 102, orcid.org/0000-0002-2205-0426

Савчук Анатолий Николаевич, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Производство, ремонт и материалознавство», e-mail: tolik_savchuk@bigmir.net, тел. (044)2801886, Украина, 01010, г. Киев, ул. Омеляновича-Павленко, 1, к. 102, orcid.org/0000-0001-5460-4879

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Гутаревич Ю.Ф, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри двигунів і теплотехніки, Київ, Україна.

Тамаргазін О.А., доктор технічних наук, Національний авіаційний університет, професор кафедри екології та технологій аеропортів, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Gutarevich Y.F. Ph.D., Engineering (Dr.), National Transport University, professor department of motors and heating, Kyiv, Ukraine.

Tamargazin O.A., Ph.D., Engineering (Dr.), National Aviation University, professor department ecology and safety of vital functions, Kyiv, Ukraine.