

Криштопа Л.І.Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна
E-mail: L.I.Kryshstopa@mail.ru**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ
ПОСТУПЛЕННЯ ГАЗОВОГО СЕРЕДОВИЩА
З ЗОВНІ У МІЖКОНТАКТНИЙ ПРОСТІР
ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ. ЧАСТИНА 2**

УДК 621.891

Для моделювання фізико-хімічної та математичної моделі механізму міграції оточуючого середовища на фрикційний контакт розглянуто: адсорбційний, перекачувальний, щілинний ефекти та процес розкладу фенолформальдегідного матеріалу під дією повітря та без його доступу.

Ключові слова: міжконтактний простір, фрикційний контакт, поверхні тертя, адсорбція, адсорбат, адсорбент, перекачувальний ефект, щілинний ефект, фенолформальдегідні матеріали.

Вступ

Математична модель механізму міграції оточуючого середовища на фрикційний контакт було розглянуто в [1]. Дослідження поверхонь будь-якого тіла дозволяє зробити висновок, що його поверхневі шари за своїми властивостями значно відрізняються від внутрішніх шарів, так як енергія таких шарів [2] перевищує значення енергії елементарних об'ємів речовини з внутрішніх шарів. Крім того, на характеристики поверхневих шарів різних матеріалів значний вплив робить газове середовище, що оточує об'єкт.

Склад середовища, його фізико-хімічні характеристики істотно пов'язані з фрикційно-зношувальними властивостями матеріалів [3]. При контакті з атмосферою, найважливішими, з точки зору розвитку адсорбції, компонентами середовища є: азот, кисень, водень. Ці компоненти присутні у вигляді двоатомних молекул, а не окремих атомів. Вони осідають на поверхнях та можуть вступати в хімічні з'єднання з поверхневими шарами фрикційних матеріалів.

Постановка проблеми

Провести обробку лабораторних досліджень механізму поступлення газового середовища із зовні до міжконтактного простору поверхонь тертя та створити механіко-фізико-хімічну модель механізму міграції оточуючого середовища на фрикційний контакт, використовуючи математичну модель розроблену в [1].

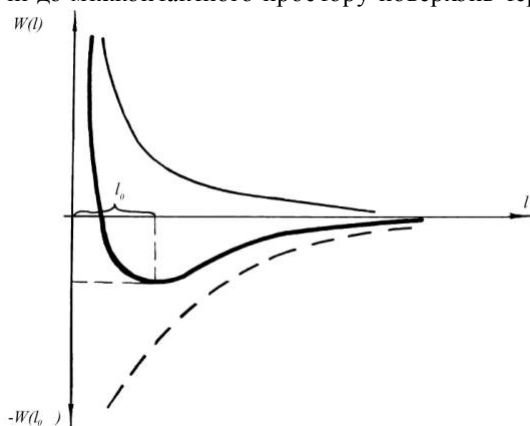


Рис. 1 – Енергія адсорбції в залежності від відстані між адсорбентом та адсорбатом

Процес адсорбції поділяється на два види – хімічний та фізичний. Рушійна сила адсорбційного процесу, з одного боку, визначається енергією твердого тіла, а з другого – активністю адсорбата, тобто атомів та молекул оточуючого середовища. При зближенні адсорбата з поверхнею твердого тіла, енергія взаємодії змінюється у відповідності з залежністю, що представлена на рис. 1. точка l_0 на осі абсцис відповідає рівноважній відстані між адсорбентом (тобто поверхнею твердого тіла) та адсорбатом.

Відповідна рівноважному стану енергія зв'язку позначена точкою $W(l_0)$. Її значення визначається природою адсорбата та адсорбента. Фундаментальна залежність може бути використана при розгляді як фізичної, так і хімічної адсорбції на поверхні

будь-якого твердого тіла. У відповідності з цією залежністю на поверхнях відбувається осаджування плівок усіх видів. При утворенні поверхневих з'єднань, наприклад, в процесі окислення) на першому етапі, попередньою хімічною реакцією буде фізична адсорбція.

Реальні поверхні металів покриті хемосорбованими газами, а в кисневмісному середовищі, як правило, спостерігається й їхнє окислення. В атмосфері, окрім кисню, містяться й інші компоненти, але на поверхні найчастіше знаходиться саме він. Процес хемосорбції газів продовжується до досягнення достатньо визначеної концентрації адсорбата, при якій настає насичення та утворюється мономолекулярний шар. Потім він припиняється, та може продовжуватися лише фізична адсорбція або утворення об'ємної окисної плівки, якщо енергії вистачить для протікання реакції окислення. Поняття хемосорбції застосовне лише до двомірних утворень.

Також необхідно відмітити, що характерною рисою хемосорбції, яка відрізняє її від хімічних реакцій, є властивість оборотності зі збереженням хімічного складу адсорбенту. Причому енергія хемосорбційної взаємодії значно вища ніж енергія фізичної адсорбції.

Залежність тиску газу у міжконтактному просторі від температури показує наявність прямої пропорційності (рис. 2, 3) у вказаних діапазонах навантажень. З ростом температури тиску газу росте як при початкових, так і при повторних випробуваннях. При цьому наслідком термодеструкції поверхневих шарів ФАПМ є зменшення швидкості росту тиску в міжконтактному просторі.

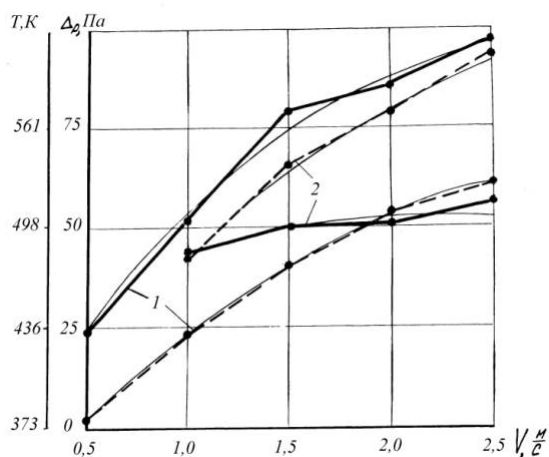


Рис. 2 – Залежність температури поверхні тертя та тиску газу у між контактному просторі від швидкості:
1 – випробування вихідного матеріалу;
2 – повторні випробування

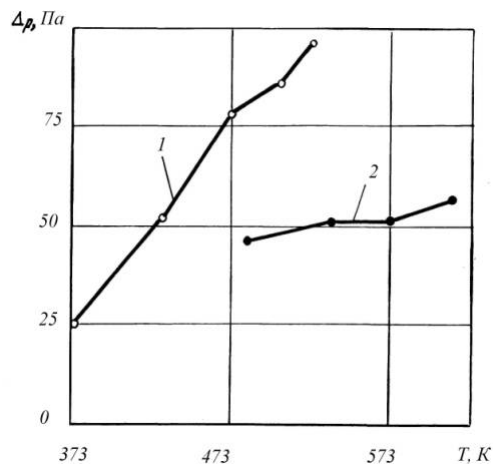


Рис. 3 – Залежність тиску газу у між контактному просторі від температури поверхні тертя:
1 – випробування вихідного матеріалу;
2 – повторні випробування

На рис. 4, 5 показані залежності лінійного та масового зношування від швидкості ковзання. З них видно, що в інтервалі температур (480 – 680) К спостерігається різка зміна фізико-механічних властивостей поверхневих шарів ФАПМ. Фенолформальдегідні полімерні матеріали починають набрякати, лінійні розміри збільшуються. Одночасно їхня маса різко зменшується, що призводить до росту масового зношування. Це достатньо повно свідчить про переважуванні фізико-хімічних процесів над фізико-механічними через вихід на поверхню тертя рідких продуктів деструкції. Він призводить до заповненню міжконтактного простору, що сприяє повному виродженню щільного зазору та ефекту перекачування між поверхнями тертя.

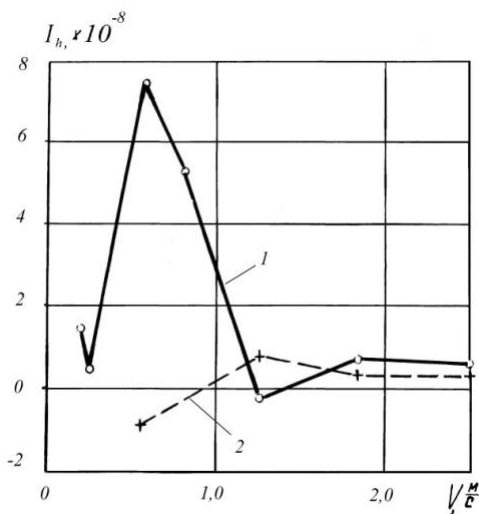


Рис. 4 – Залежність лінійного відносного зношування ФАПМ від швидкості ковзання:
1 – випробування вихідного матеріалу;
2 – повторні випробування

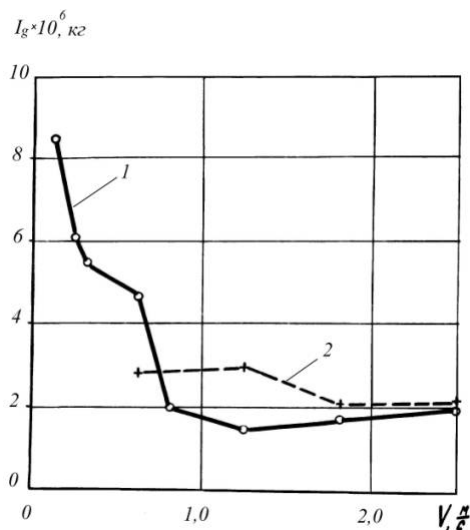


Рис. 5 – Залежність масового зношування ФАПМ від швидкості ковзання:
1 – випробування вихідного матеріалу;
2 – повторні випробування

Результати газодинаміки при повторних дослідженнях тих самих пар тертя відрізняються від значень, одержаних при випробуванні нових взірців в бік зниження надлишкового тиску ΔP . Аналізуючи суть цих змін, було проведено серію експериментів по визначенню зміни густини фенолформальдегідних полімерних матеріалів по товщині досліджуваного взірця в залежності від об'ємної температури та тривалості нагріву.

Необхідна температура поверхні ФАПМ у процесі дослідження досягалась шляхом зміни швидкості ковзання та навантаження на пару тертя. Визначення густини відбувалось шляхом зважування взірців до та після пошарового зняття на плоскошліфувальному верстаті контрольованого шару ФАПМ.

Густину розраховано згідно формули:

$$\rho = \frac{\Delta g}{\Delta V}, \quad (1)$$

де ρ – густина знятого шару;

Δg – маса знятого шару;

ΔV – об'єм знятого шару.

На рис. 6, 7 представлені залежності зміни густини поверхневих шарів фенолформальдегідних матеріалів від температури. Зменшення густини ретинаксу ФК-24А до значення $\rho = 1,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ при температурі 873 К дає підставу стверджувати, що в'язуча речовина вигорає майже повністю, на поверхні тертя утворюється композиція з азбесту, бариту та коксоподібної речовини, що утворюється в процесі термодеструкції фенолформальдегідної смоли.

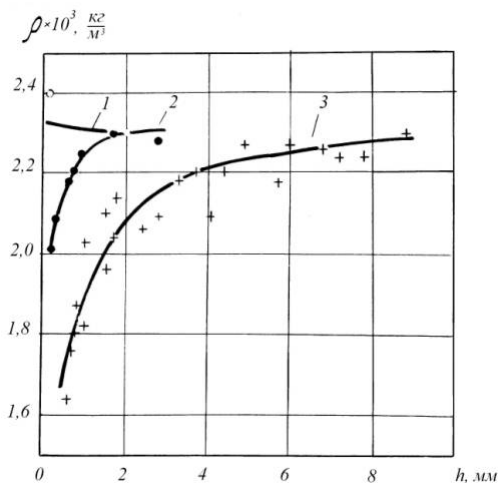


Рис. 6 – Зміна густини ретинаксу ФК-24А по глибині за різних температур поверхні тертя:

1 – 423 К;
2 – 573 К;
3 – 873 К

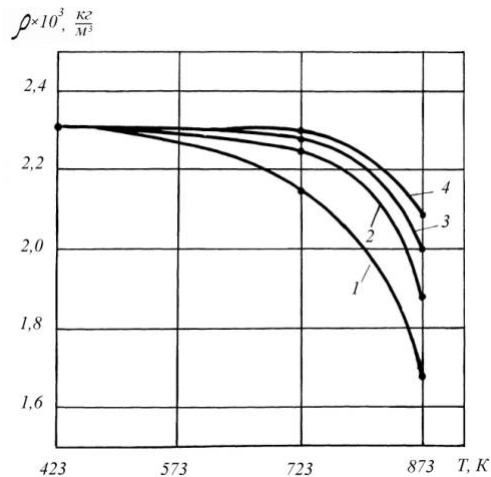


Рис. 7 – Зміна густини ретинаксу ФК-24А по глибині за різних температур поверхні тертя:

1 – 0,5 мм;
2 – 1,0 мм;
3 – 1,5 мм;
4 – 2,0 мм

Висновки

Аналіз експериментальної залежності показує наявність максимумів функції $T = f(v)$ в діапазоні швидкості ковзання $v = 4 - 5$ м/с. Аналогічне явище спостерігається при $\Delta p = f(v)$. Пояснення цих результатів базується на тому, що у процесі тертя за швидкостей (0,63 – 1,25) м/с, яким відповідає температура (480 – 680) К, інтенсивно зростає масове зношування (рис. 5), а лінійне (рис. 4) змінюється незначно. Тобто спостерігається набрякання ФАПМ. Така зміна I_g , I_h свідчить про різку зміну густини взірця ФАПМ. Проте, із збільшенням швидкості ковзання, інтенсивність лінійного та масового зношування вирівнюється. Така різнохарактерна зміна на різних режимах, повністю пов'язується зі зміною густини та фізико-хімічних властивостей та при поверхневих шарів ФАПМ. У зв'язку з цим, при поверхне-

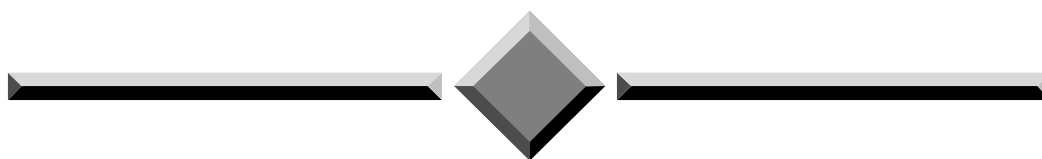
вий шар втрачає свої вихідні механіко - фізично - хімічні властивості, а на поверхні тертя утворюється коксоподібний шар з наповнювачами ФАПМ. Газовиділення з поверхонь тертя за час зношування такого шару та прогріву внутрішніх шарів ФАПМ знижується, причому можливі умови коли виникає розрідження у між контактному просторі.

Газодинаміка у міжконтактному просторі має складний характер, який, в залежності від режимів тертя та механіко-фізично-хімічних властивостей поверхні ФАПМ, може набувати додатного або від'ємного значення. Надлишковий тиск перешкоджає міграції в між контактний простір оточуючого середовища та створює умови для утворення зон плівкового голодування [4]. Подальші дослідження будуть присвячені дослідженню газодинаміки у міжконтактному просторі за деструкції ФАПМ.

Література

1. Криштопа Л.І. Дослідження механізму поступлення газового середовища з зовні у міжконтактний простір поверхонь тертя (частина 2) / Л.І. Криштопа, І.М. Богатчук // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – 2014.– № 4 – С. 31-36.
2. Бакли Д. Поверхностные явления при адгезии и фрикционном взаимодействии / Д. Бакли // М.: Машиностроение, 1986. – 360 с.
3. Крагельский И.В. Основы расчетов на трение и износ / И.В. Крагельский, М.Н. Добычин, В.С. Комбалов // М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.
4. Ковыршин О. Н. Хроника изучения влияния газовой среды на трение / О. Н. Ковыршин // Среда и трение в механизмах – Таганрог. – 1974.- Вып. 1. – с. 125 – 131.
5. Покусаев В.В. Исследование расхода воздуха через контакт точечных поверхностей / В.В. Покусаев // Сб. «Контактные взаимодействия твердых тел», Калинин. гос. ун-т. – 1982. – С. 22 - 27.
6. Георгиевский Г.А. Влияние различных ингредиентов на фрикционные свойства пластмасс / Г.А. Георгиевский // Сб. «трение и износ в машинах» Издат-во АН СССР – 1962. – ВЫП. 16. – С. 121 – 150.

Поступила в редакцію 29.12.2014



Проблеми трибології
“Problems of Tribology”
E-mail: tribosensor@gmail.com

Kryshtopa L.I. Research of mechanism of receipt of gas environment with outwardly in intercontact space of surfaces of friction. Part 2.

The article is devote to the problem of laboratory researches of mechanism of receipt of gas environment with outwardly to intercontact space of friction surfaces and create the physical and chemical model of mechanism of migration of environment to the friction contact. For the design of model of migration of environment mechanism which considered to the friction contact adsorption, pumping and crack effects take place.

A gas dynamic at intercontact space has a difficult character depending on the modes of friction and mechanical, physical and chemical properties of friction surface can get the positive or negative value. Surplus pressure hinders to migration in between contact space of environment and creates terms for formation areas of pellicle starvation. Subsequent researches will be devoted to research of gas dynamic at intercontact space for destructions of phenol formaldehyde materials.

Key words: intercontact space, friction contact, surfaces of friction, adsorption, adsorbat, adsorbent, pumping effect over, crack effect, phenol formaldehyde materials.

References

1. Kryshtopa L.I. Doslidzhennya mehanizmu postuplennya gazovogo seredovishcha z zovni u mizhkon-taktniy prostir poverhon tertya. L.I. Kryshtopa, I.M. Bogatchuk. Problems of Tribology, 2014, No 2, pp.144-149.
2. Bakli D. Poverhnostnie yavleniya pri adgezii i friktsionnom vzimodeystvii. M.: Mashinostroenie, 1986. 360 with.
3. Kragelskiy I.V. Ocnovi raschetov na treniye i iznos. I.V. Kragelskiy, M.N. Dobichin, V.S. Komalov. M.: Mashinostroenie, 1977. 526 p.
4. Kovirshin O. of the N. Hronika izucheniya vliyaniya gazovoy sredi na treniye. Sreda i treniye v mechanismah. Taganrog. 1974. Vip. 1. p. 125 - 131.
5. Pokusaev V.V. Issledovaniye rashoda vozduha cherez kontakt tochechnikh poverkhnostey. Sb. «Kon-tactnoye vzimodeystviye tverdikh tel», Kalinin. gos. un-t. 1982. pp. 22 - 27.
6. Georgievskiy G.A. Vliyanie razlichnikh ingradientov na friktsionnie svoystva plastmas. Sb. «treniye i iznos v machinah» of Izdat-vo AN USSR. 1962. VIP. 16. pp. 121 - 150.