

ВПЛИВ ГРАНИЧНИХ АДСОРБЦІЙНИХ ШАРІВ НА ДИНАМІКУ ЗНОШУВАННЯ СТАЛІ

Дмитриченко М.Ф., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Білякович О.М., кандидат технічних наук, Національний авіаційний університет, Київ, Україна
Савчук А.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Туриця Ю.О., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Куш О.І., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Педан О.Л., старший викладач, Національний транспортний університет, Київ, Україна

THE EFFECT OF BOUNDARY ADSORPTION LAYERS WEAR ON DYNAMICS OF STEEL

Dmytrychenko M.F., Ph.D., Engineering (Dr), National Transport University, Kyiv, Ukraine
Bilyakovych O.N., Ph.D, associate professor, National Aviation University, Kyiv, Ukraine
Savchuk A.N, Ph.D, associate professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine
Turytsia Y.A., Ph.D, associate professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine
Kushch A.I., Ph.D, associate professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine
Pedan O.L., senior lecturer, National Transport University, Kyiv, Ukraine

ВЛИЯНИЕ ГРАНИЧНЫХ АДСОРБЦИОННЫХ СЛОЕВ НА ДИНАМИКУ ИЗНОСА СТАЛИ

Дмитриченко Н.Ф., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Билякович О.Н., кандидат технических наук, Национальный авиационный университет, Киев, Украина
Савчук А.Н., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Турица Ю.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Куш А.И., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Педан О.Л., старший преподаватель, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним з сучасних напрямів теорії тертя та зношування є вивчення механічних і фізико-хімічних процесів, що відбуваються в контакті. Хімічну активність поверхні твердого тіла при механічній дії слід розглядати у взаємозв'язку з „зворотнім” впливом фізичної адсорбції і хімічних реакцій на протікання процесів пластичної деформації [1]. Одночасна реалізація в контакті процесів деформації металу і дифузії елементів змащувального середовища накладає особливості на механізм пластичної деформації, який визначається також важливим проявом активації поверхневих шарів - збільшенням дефектності структури металів [2].

Викладення невирішених питань. Механізм деформації тонких поверхневих шарів в умовах контактної взаємодії твердих тіл пов'язаний із специфікою їх взаємодії з поверхневоактивними компонентами змащувального матеріалу, проте трактування безпосередньої ролі процесу адсорбції ПАР в деформації металу суперечливі і потрібні подальші дослідження в цьому напрямку [2, 3].

Постановка завдання. Для встановлення механізму впливу типу металу зразків та виду змащувального матеріалу на динаміку зношування були проведені дослідження кінетики зміни інтенсивності зношування та мікротвердості поверхневих шарів металу в умовах багаточиклічної деформації в режимі пуск - зупинка.

Викладення основного матеріалу. В якості змащувального матеріалу використовувалося два типи масел для гідромеханічних коробок передач:

1) нафтова олива МГТ на основі глибокоочищеної і депарафінізованої фракції МС-8 із загущуючою, депресорною, протизношувальною, детергентною та антипінною присадками, виготовлене згідно ТУ 38.101.103-87 [4];

2) синтетична олива на основі поліальфаолефінів (95%) і ріпакової олії (5%) з антиокислювальною (іюнол), протизношувальною (інфеніум С9425), поліфункціональною в'язкістною і депресорною присадкою поліметакрилатного типу (В8-705) і антипінною (ПМС-200А) присадками [5].

Дослідження проводилися на установці СМЦ-2 в режимі частих пусків - зупинок. Циклі пуск (4 с) - зупинка (3,5 с) слідували один за іншим, без перерви; всього циклів в експерименті - $N = 3000$. Випробування проводили по схемі ролик - ролик в умовах кочення ($V_{\Sigma k}$ до 1,92 м/с), проковзування складало 15%. В якості зразків використовували ролики $d = 50$ мм із сталі ШХ-15 (HRC = 58-60) і сталі 45 (HRC = 35-42). Максимальна контактна напруга по Герцу - 400 МПа.

Найбільша інтенсивність зношування сталі ШХ-15 при змащуванні МГТ № 1 встановлена в період припрацювання, до $N \leq 200$, і складає $0,96 \cdot 10^{-8}$ та $1,82 \cdot 10^{-8}$ відповідно для випереджаючої і відстаючої поверхонь (рис. 1). У міру формування граничних адсорбційних шарів цей параметр зменшується, в середньому в 8 разів до закінчення експерименту. При цьому встановлено, що у міру напрацювання, після $N \leq 2600$, інтенсивність зношування випереджаючого зразка не змінюється, а на відстаючій поверхні підвищується на 2,5%. Це пов'язано, перш за все, з полегшенням виходу дислокацій на поверхню при початковому подрібненні зерен металу в результаті пружно-пластичної деформації в зоні контакту. При цьому збільшення площин ковзання призводить до зворотнього ефекту - перешкоджання руху і виходу дислокацій, що обумовлює зміцнення поверхневих шарів. Найбільший вплив на поверхню металу здійснюють шари СОП і хімічно модифіковані плівки. Деформація металу за наявності ПАР, згідно даним роботи [6], протікає в два етапи: на першому етапі пластичний зсув полегшується, другий етап пов'язаний із зменшенням відносного зсуву площин ковзання, що забезпечує більш сильне зміцнення вздовж цих площин. Зазначена тенденція впливу ПАР простежується на випереджаючій поверхні - ступінь текстурування зростає (рис. 1).

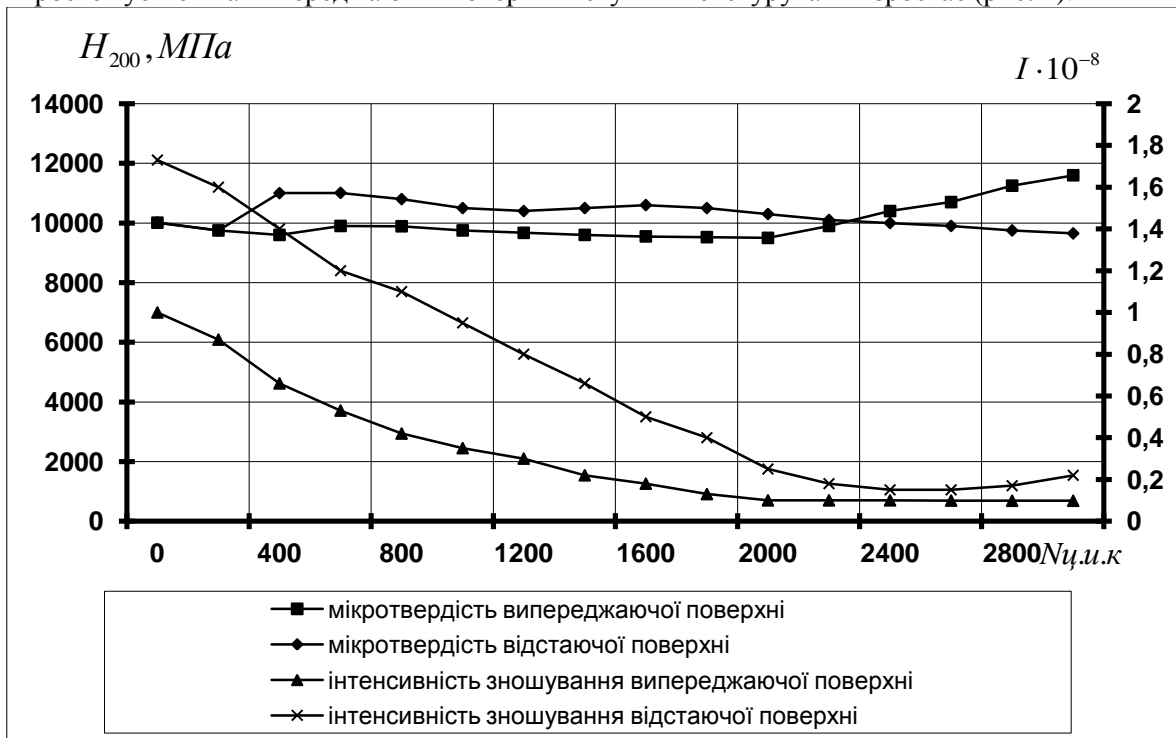


Рисунок - 1. Зміна мікротвердості поверхневих шарів H_{200} і інтенсивності зношування I , як функція напрацювання для сталі ШХ-15

На відстаючій поверхні відбувається подальше розміщення поверхневого шару і також зафіксовано збільшення інтенсивності зношування. Ми вважаємо, що механізм даного процесу полягає в наступному. Внаслідок різновекторної спрямованості сил тертя на випереджаючій і відстаючій поверхнях в контакті відбуваються наступні ефекти: на випереджаючій поверхні домінує ефект Ребіндера - пластифікування поверхні у присутності ПАР і подальше підвищення міцності, а на відстаючій поверхні пластифікуючий ефект Ребіндера взаємозв'язаний з розклинюючим ефектом Дерягіна. На відстаючій поверхні не відбувається зміцнення шару металу, оскільки адсорбція ПАР на внутрішніх поверхнях розділу призводить до зниження роботи утворення нових поверхонь і до подальшого полегшення розвитку пластифікованого шару [7].

Проведений аналіз динаміки інтенсивності зношування і мікротвердості поверхневих шарів сталі ШХ-15 при змащуванні МГТ № 1 дозволяє припустити, що відбувається зміна природи зносу в контакті при напрацюванні: якщо в період припрацювання домінує адгезійне зношування,

обумовлене частою зміною граничних шарів, що призводить до металевого контакту поверхонь [8], то з підвищенням температури, у міру формування адсорбційних плівок, в контакті домінує корозійно - механічне зношування поверхонь.

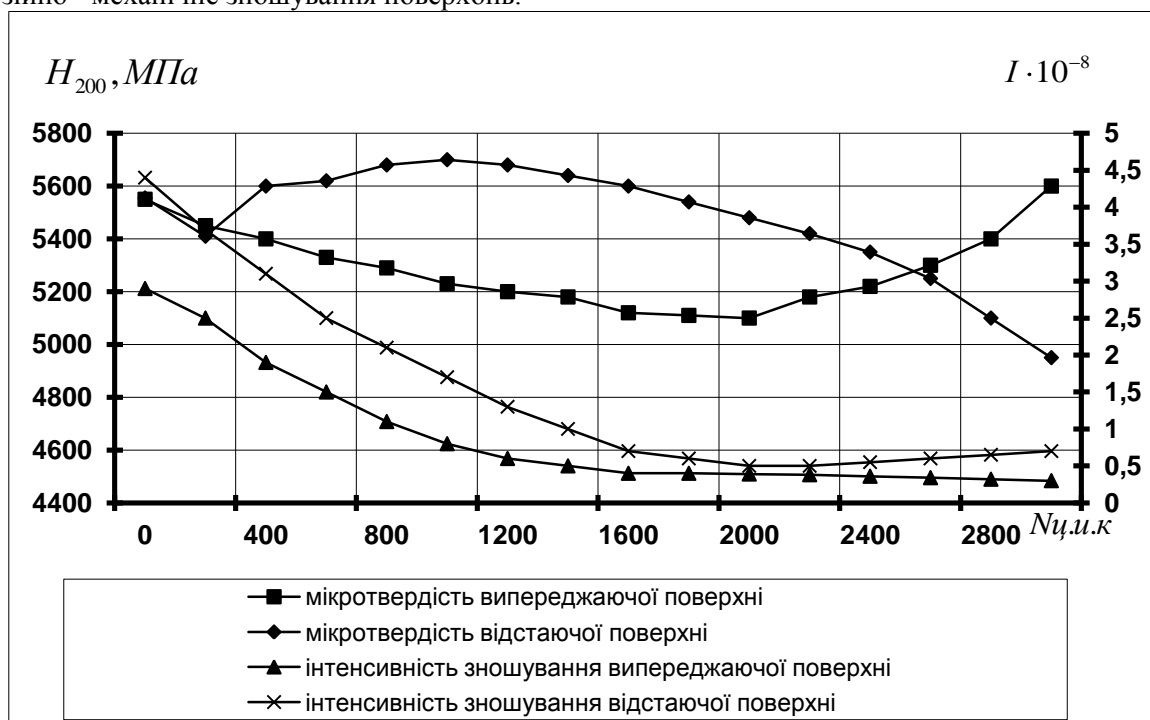


Рисунок - 2. Динаміка мікротвердості поверхневих шарів H_{200} і інтенсивності зношування I для сталі 45 при напрацюванні

Аналогічні закономірності і механізми зношування встановлені і на зразках із сталі 45. Інтенсивність зношування контактних поверхонь підвищується, в середньому, в 3 рази (рис. 2). Якщо до закінчення експерименту підвищення мікротвердості на випереджаючій поверхні для сталі ШХ-15 склало 150 МПа, то для сталі 45 $\Delta H_{200} = 20$ МПа, а на відстаючій поверхні зменшення мікротвердості поверхневих шарів в результаті розміцнення зафіксовано на 340 МПа (ШХ-15) і 520 МПа (сталь 45).

Застосовування в якості змащувального матеріалу оливи АКП другого типу забезпечує зниження інтенсивності зношування зразків із сталі ШХ-15 в період припрацювання в 2 рази на випереджаючій і в 2,3 рази на відстаючій поверхнях ($I = 0,48 \cdot 10^{-8}$ і $0,79 \cdot 10^{-8}$ відповідно для випереджаючої і відстаючої поверхні), в порівнянні з МГТ № 1; надалі зменшення даного параметра зафіксовано також в 8 разів (рис. 3).

Підвищенню зносостійкості сталі ШХ-15 сприяють, на наш погляд, наступні процеси. По-перше, прискорена адаптація адсорбційних шарів при перших циклах навантаження забезпечує локалізацію дотичних напруг зсуву у сформованому змащувальному шарі, що знижує ступінь впливу даного параметра на деформацію поверхневих і приповерхневих шарів. В період припрацювання ($N \leq 200$) на випереджаючій поверхні встановлено менш інтенсивне розміцнення поверхневого шару (в середньому, в 2 рази), а на відстаючій поверхні зміцнення металу зафіксовано до $N \leq 1000$. По-друге, сформовані граничні адсорбційні шари на поверхні металу мають аналогічну природу, що і при використуванні МГТ № 1, - СОП і хімічно модифіковані шари, але різні по хімічному походженню.

Це забезпечує зменшення впливу компонентів граничних плівок на диспергування поверхневих шарів металу, що обумовлює їх зміцнення у міру напрацювання і забезпечує підвищення зносостійкості. До закінчення експерименту мікротвердість поверхневих шарів металу збільшується, в середньому, на 280 МПа, що на 2% і 7% відповідно для випереджаючої і відстаючої поверхні більше, в порівнянні з аналогічними показниками при змащуванні зразків оливою МГТ № 1.

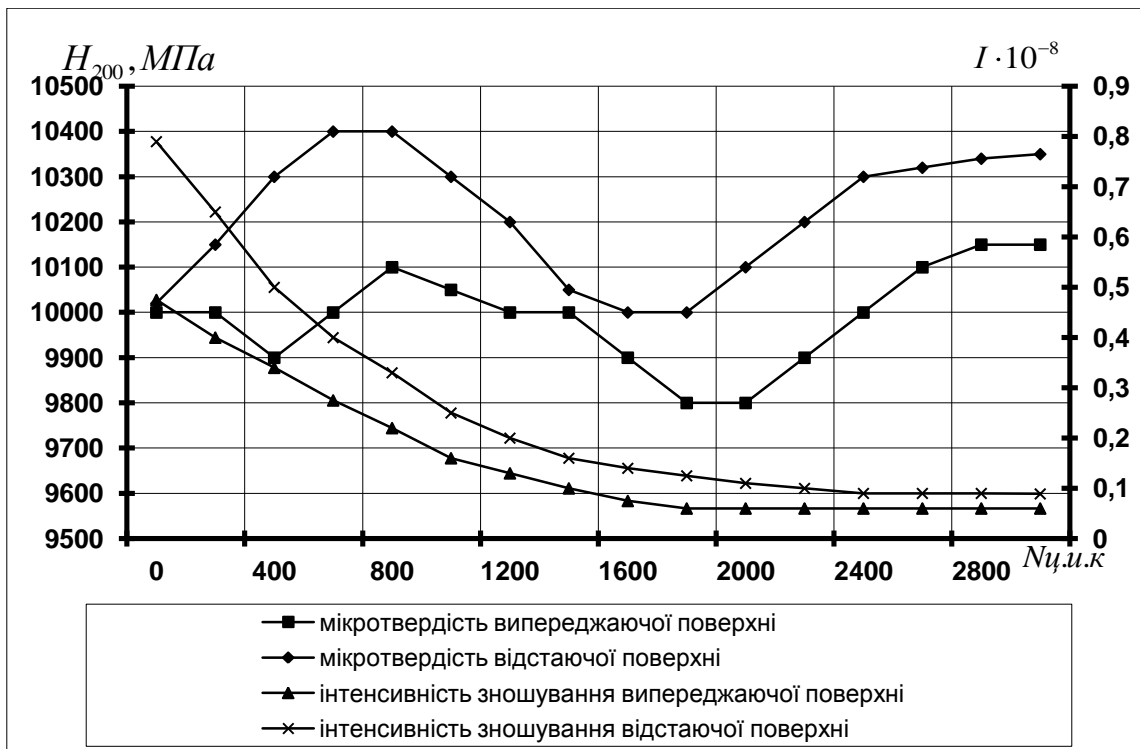


Рисунок - 3. Кінетика зміни мікротвердості поверхневих шарів H_{200} і інтенсивності зношування I для сталі ШХ-15 в нестационарних умовах тертя (змащування оливою для АКП)

При використуванні зразків із сталі 45 зафіксовано збільшення інтенсивності зношування, в середньому, в 3,2 рази в ході експерименту, в порівнянні з ШХ-15. Істотна відмінність в кінетиці зміни мікротвердості поверхневих шарів встановлена в період припрацювання - розміцнення зафіксоване як на випереджаючій, так і на відстаючій поверхнях; при подальших циклах навантаження динаміка мікротвердості поверхонь аналогічна встановленій для сталі ШХ-15 (рис. 4).

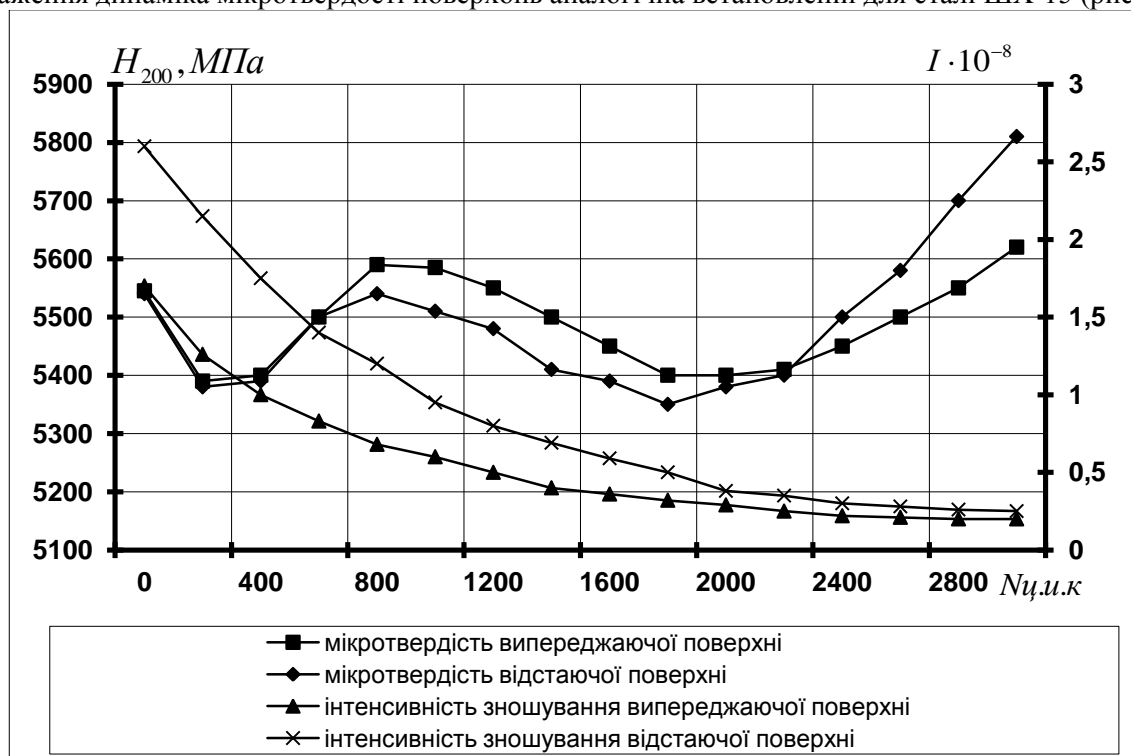


Рисунок - 4. Динаміка інтенсивності зношування I і мікротвердості поверхневих шарів H_{200} в режимі пуск - зупинка (сталь 45, олива АКП)

Зміцнення поверхонь до закінчення експерименту склало $\Delta H_{200} = 110$ МПа і 280 МПа на випереджаючій і відстаючій поверхнях відповідно, що на 1,5% і 14% більше, в порівнянні з аналогічним параметром при змащуванні МГТ № 1.

Висновок. На підставі проведених випробувань про вплив компонентів граничних адсорбційних плівок на зношування контактних поверхонь можна встановити, що підвищення термоокислювальної стабільності олив для гідромеханічних коробок передач за рахунок підбору базової основи (поліальфаолефінів і ріпакової олії) і антиокислювальної присадки (іонол) забезпечує підвищення зносостійкості пар тертя в результаті зменшення інтенсивності корозійно - механічного зношування.

Таким чином, зменшення твердості металу знижує зносостійкість пар тертя. Перш за все, збільшується ступінь впливу на активовану поверхню металу граничних адсорбційних шарів оливи, що обумовлює менш інтенсивне зміцнення випереджаючої поверхні і інтенсифікує розміцнення відстаючої поверхні в результаті пластифікуючого і розклинюючого ефектів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Закономірності зношування в триботехнічному контакті при застосуванні добавок графітів марок ГСМ-1 і ГС-4 в динамічних умовах навантаження / М.Ф. Дмитриченко, Р.Г. Мнацканов, О.О.Мікосянчик // Вісник НТУ. – 2005. – № 10. – С.27–33.
2. Рыбакова Л.М. Структура и износостойкость металла / Л.М. Рыбакова, Л.И. Куksenova. – М.: Машиностроение, 1982. – 280с.
3. Ребиндер П.А. Влияние активных смазочно-охлаждающих жидкостей на качества поверхности при обработке металлов / П.А. Ребиндер– М.: Ан СССР, 1946. – 31 с.
4. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справ.изд. / К.М. Бадышова, Я.А. Берштадт, М.К. Богданов и др. – М.: Химия, 1989. – 432 с.
5. Беркович Е.С. Развитие способа измерения износа машин методом искусственных баз / Е.С. Беркович // Теоретические и прикладные задачи трения, износа и смазки машин. – М.: Наука, 1982. – С. 198–210.
6. Виленкин А.В. Масла для шестеренных передач / А.В. Виленкин – М.: Химия, 1982. – 248с.
7. Земскова И.И. Измерение величины износа с помощью сцинтилляции / И.И. Земскова, Р.М. Матвеевский // Вестник машиностроения. – 1969. – № 11. – С. 29–32.
8. Айнбиндер С.Б. О механизме граничного трения / С.Б. Айнбиндер // Трение и износ. –1983.– том.4, № 1. –С.5–11.

REFERENCES

1. Laws of wear in the tribological contact when using additives graphite grades GSM-1 and GS-4 in the dynamic conditions of loading / M.F.Dmytrychenko, R.G.Mnatsakanov, O.O.Mikosityanichyk // Vestnik NTU. - 2005. - № 10. - P.27-33 (Ukr)
2. Rybakova L.M. The structure and wear resistance of the metal / L.M.Rybakova, L.I.Kuksenova. - M.: Engineering, 1982. – 280p. (Rus)
3. Rebinder P.A. Influence of active cutting fluids on the surface quality in metal / P.A.Rebinder- M.: AN USSR, 1946. - 31 p. (Rus)
4. Fuel, lubricants, technical liquids. Range of application: The Sprav.izd. / K.M.Badyshova, J.A.Bershtadt, M.K.Bogdanov et al. - M.: Chemistry, 1989. - 432 p. (Rus)
5. Berkovich E.S. Development of a method for measuring the wear of machines by artificial bases / Berkovich // Theoretical and applied problems of friction, wear and lubrication of machines. - M.: Nauka, 1982. - P. 198-210. (Rus)
6. Vilenkin A.V. Oils for gear transmission / A.V.Vilenkin - M.: Chemistry, 1982. – 248p. (Rus)
7. Zemskova I.I. Measurement of the amount of wear using scintillation / I.I.Zemskova, R.M.Matveevsky // Journal of Engineering. - 1969. - № 11. - P. 29-32. (Rus)
8. Ainbinder S.B. On the mechanism of boundary friction / S.B. Ainbinder // Friction and wear. -1983.- Tom.4, № 1. -P.5-11.(Rus)

РЕФЕРАТ

Дмитриченко М.Ф. Вплив граничних адсорбційних шарів на динаміку зношування сталі / М.Ф.Дмитриченко, О.М.Білякович, А.М.Савчук, Ю.О.Туриця, О.І.Куш, О.Л.Педан // Управління

проектами, системний аналіз і логістика. Науковий журнал: в 2 ч. Ч. 1: Серія: „Технічні науки” – К. : НТУ, 2014. – Вип. 14.

У статті представлені результати досліджень щодо встановлення механізму впливу типу металу зразків та виду змащувального матеріалу на динаміку зношування. Були проведені дослідження кінетики зміни інтенсивності зношування та мікротвердості поверхневих шарів металу в умовах багаточиклічної деформації в режимі пуск - зупинка.

Об'єкт дослідження – кінетика зміни граничних адсорбційних шарів мастильного матеріалу.

Метою роботи було дослідження впливу граничних адсорбційних шарів на динаміку зношування сталі.

Метод дослідження – експериментальне визначення інтенсивності зношування сталі в залежності від її виду та навантажень в контакті.

При використуванні зразків із сталі 45 зафіксовано збільшення інтенсивності зношування, в середньому, в 3,2 рази в ході експерименту, в порівнянні з ШХ-15. Істотна відмінність в кінетиці зміни мікротвердості поверхневих шарів встановлена в період припрацювання - розміщення зафіксоване як на випереджаючій, так і на відстаючій поверхнях; при подальших циклах навантаження динаміка мікротвердості поверхонь аналогічна встановленій для сталі ШХ-15.

Найбільший вплив на поверхню металу здійснюють шари СОП і хімічно модифіковані плівки. Деформація металу за наявності ПАР, згідно даним роботи, протікає в два етапи: на першому етапі пластичний зсув полегшується, другий етап пов'язаний із зменшенням відносного зсуву площин ковзання, що забезпечує більш сильне зміцнення вздовж цих площин. Зазначена тенденція впливу ПАР простежується на випереджаючій поверхні - ступінь текстурування зростає

Визначено, що підвищення термоокислювальної стабільності олів для гідромеханічних коробок передач за рахунок підбору базової основи (поліальфаолефінів і ріпакової олії) і антиокислювальної присадки (іонол) забезпечує підвищення зносостійкості пар тертя в результаті зменшення інтенсивності корозійно - механічного зношування.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ГРАНИЧНИЙ ШАР, ЗНОШУВАННЯ, КОНТАКТНА ПОВЕРХНЯ, МІКРОТВЕРДІСТЬ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ.

ABSTRACT

Dmytrychenko N.F. Influence of boundary layer adsorption dynamics wear steel / N.F.Dmytrychenko, O.N.Bilyakovych, A.N.Savchuk, Y.A. Turytsia, A.I.Kusch, O.L.Pedan // Project Management, System analysis and Logistics. Science journal: In Part 2. Part 1: Series: "Technical sciences" - Kyiv: NTU, 2014. - Vol. 14.

The results of studies on the establishment of a mechanism of influence of the type of metal samples and type of lubricant on the dynamics of wear. Studies have been conducted kinetics change the wear rate and microhardness of the surface layers of the metal in terms of polycyclic deformation mode start - stop.

Object of study - kinetics of adsorption layers of boundary changes lubricant.

The aim was to study the influence of boundary layer adsorption dynamics wear steel.

The method of investigation - experimental determination of the wear rate of steel depending on its type and loads in touch.

When used steel samples 45 fixed increase rate of wear on average 3.2 times during the experiment compared to SH-15. Significant difference in the kinetics of changes in microhardness of the surface layers is set during break - rozmitsnennya recorded as advanced, and the trailing surfaces; with subsequent cycles of load dynamics of surface microhardness similar set for steel SH-15.

The greatest influence on the metal surface layers carry SOP and chemically modified film. Deformation of the metal in the presence of surface-active proceeds in two stages: the first stage is facilitated plastic shear, the second step involves reduction of the relative offset of slip planes, provides greater reinforcement along these planes. This trend can be traced to the influence of surfactant advanced surface - the degree of texturing increases.

Determined that the increase in thermal-oxidative stability of oils for hydro-mechanical transmission by choosing a basic framework (polyalphaolefin and rapeseed oil) and antioxidant additives (ionol) provides increased wear resistance of friction pairs by reducing the intensity of corrosion - mechanical wear.

KEY WORDS: BOUNDARY LAYER, WEAR, CONTACTS, MICROHARDNESS OF THE SURFACE LAYERS, WEAR.

РЕФЕРАТ

Дмитриченко М.Ф. Влияние граничных адсорбционных слоев на динамику износа стали / Н.Ф.Дмитриченко, О.Н.Билиякович, А.Н.Савчук, Ю.А.Туриця, А.И.Куц, О.Л.Педан // Управление проектами, системный анализ и логистика. Научный журнал: в 2 ч. Ч. 1: Серия: „Технические науки” – К. : НТУ, 2014. – Вип. 14.

В статье представлены результаты исследований по установлению механизма влияния типа металла образцов и вида смазочного материала на динамику износа. Были проведены исследования кинетики изменения интенсивности износа и микротвердости поверхностных слоев металла в условиях багаточиклической деформации в режиме пуск - остановка.

Объект исследования - кинетика изменения граничных адсорбционных слоев смазочного материала.

Целью работы было исследование влияния граничных адсорбционных слоев на динамику износа стали.

Метод исследования - экспериментальное определение интенсивности износа стали в зависимости от ее вида и нагрузок в контакте.

При использовании образцов из стали 45 зафиксировано увеличение интенсивности износа, в среднем, в 3,2 раза в ходе эксперимента, по сравнению с ШХ-15. Существенное отличие в кинетике изменения микротвердости поверхностных слоев установлена в период приработки – разупрочнение зафиксировано как на опережающей, так и на отстающей поверхностях; при последующих циклах нагрузки динамика микротвердости поверхностей аналогичная установленной для стали ШХ-15.

Наибольшее влияние на поверхность металла осуществляют слои СОП и химически модифицированные пленки. Деформация металла при наличии ПАВ протекает в два этапа: на первом этапе пластический сдвиг облегчается, второй этап связан с уменьшением относительного смещения плоскостей скольжения, обеспечивает более сильное укрепление вдоль этих плоскостей. Указанная тенденция влияния ПАВ прослеживается на опережающей поверхности - степень текстурирования растет.

Определено, что повышение термоокислительной стабильности масел для гидромеханических коробок передач за счет подбора базовой основы (полиальфаолефинов и рапсового масла) и антиокислительной присадки (ионол) обеспечивает повышение износостойкости пар трения в результате уменьшения интенсивности коррозионно - механического износа.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ГРАНИЧНЫЙ СЛОЙ, ИЗНОС, КОНТАКТНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ, МИКРОТВЕРДОСТЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ, ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ.

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. Суворова, 1, к. 318.

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.

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. Суворова, 1, к.102.

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. Суворова, 1, к.102.

Куц Олексій Іванович, 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. Суворова, 1, к.102.

Педан Олег Лаврентійович, Національний транспортний університет, старший викладач кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», тел. (044)2801886, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к.102.

AUTHOR:

Dmytrychenko Mukola 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, Suvorova str. 1, of. 318.

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.

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, Suvorova str. 1, of. 102.

Turytsia 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, Suvorova str. 1, of. 102.

Kushch Aleksey I., associate professor, National Transport University, associate professor department of Manufacturing repair and materialoved, e-mail: kushch_oleksiy@bigmir.net, tel. (044)2801886, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 102.

Pedan O.L., National Transport University senior lecturer department of Manufacturing repair and materialoved, tel. (044)2801886, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 102.

АВТОРЫ:

Дмитриченко Николай Федорович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедры «Производство, ремонт и материалознаводство», e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua, тел. (044)2808203, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к. 318.

Билякович Олег Николаевич, кандидат технических, профессор, Национальный авиационный университет, профессор кафедры «Технологій аеропортів», e-mail: oleg65@voliacable.com, тел. (044)4067694, Украина, 03680, м. Київ, просп. Космонавта Комарова, 1, к.1.409.

Савчук Анатолий Николаевич, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Производство, ремонт и материалознаводство», e-mail: tolik_savchuk@bigmir.net, тел. (044)2801886, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к.102.

Турица Юлия Александровна, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Производство, ремонт и материалознаводство», e-mail: yuliya_tur@ukr.net, тел. (044)2801886, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к.102.

Кушч Алексей Иванович, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Производство, ремонт и материалознаводство», e-mail: kushch_oleksiy@bigmir.net, тел. (044)2801886, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к.102.

Педан Олег Лаврентиевич, Национальный транспортный университет, старший преподаватель кафедры «Производство, ремонт и материалознаводство», тел. (044)2801886, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к.102.

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.

REVIEWER:

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