

І. Л. Трофімов

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТОВАННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ НА ПРОТИЗНОСНІ ВЛАСТИВОСТІ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

У статті наведено обґрунтування застосування отриманих математичних залежностей впливу електричного поля на протизносні властивості мастильних матеріалів, які встановлюють взаємозв'язок між основними фізичними параметрами трибосистем і електричним полем.

Ключові слова: мастильний матеріал, протизносні властивості, електричне поле, математичні залежності

1. Вступ

Теоретичні дослідження, про які йдеться у доповіді, відносяться до галузі машинобудування. Необхідність забезпечення високої надійності та економічності сучасних машин і механізмів безпосередньо пов'язана з підвищенням якості мастильних матеріалів (ММ). Розроблення нових методів підвищення протизносних властивостей ММ є актуальним науково-прикладним завданням сучасної трибології.

2. Постановка проблеми

Питання щодо фізики та теоретичного обґрунтування впливу електричного поля на протизносні властивості ММ на сьогодні залишається відкритим. Мета роботи полягала в отриманні математичних залежностей, що описують вплив електричного поля на протизносні властивості вуглеводневих рідин.

3. Основна частина

3.1. Аналіз літературних джерел по темі дослідження. Аналіз робіт [1–3] показує, що головним компонентом ММ, який дозволяє сформувати адсорбційні шари на поверхні металів, є поверхнево-активні речовини (ПАР). У разі дії на них електричним полем постійні дипольні моменти мають орієнтуватися у напрямі напруженості електричного поля.

У роботах [1, 2] описано дію електричного поля на базові ММ, зокрема, оливи. З аналізу цих робіт можна зробити висновки що, у разі накладення зовнішнього поля на оливи відбувається процес поляризації. За рахунок цього молекули базової оливи набувають дипольного моменту та мастильне середовище поляризується. Завдяки дії зовнішнього електричного поля, ММ набувають структури, яка як за рахунок зростання кількості молекул ПАР у вигляді мономерів, так і внаслідок їх взаємодії

з молекулами базового середовища має сприяти зростанню в'язкості, що в свою чергу зумовлюватиме зростання товщини змащувального шару.

На основі аналізу робіт [2, 3] встановлено, що основним фізичним фактором, який визначає взаємодію молекул базових ММ (олив) та молекул ПАР із електричним полем, є електричний дипольний момент їх атомів і молекул.

У випадку оброблення ММ електричним полем (метод оброблення та пристрій описані в [4, 5]), подаємо напругу U постійного струму до пристрою підвищення експлуатаційних властивостей паливно-мастильних матеріалів, який містить об'єм обробленої вуглеводневої рідини.

Відомо, що під час дослідження процесів тертя та зношування значне місце займає адгезія між ММ і поверхнею тертя та власне явище змочування твердих тіл. Із джерела [6] відомі формула стану рівноваги краплі ММ на поверхні твердого тіла:

$$\sigma_{\text{тг}} = \sigma_{\text{рд}} + \sigma_{\text{рг}} \cdot \cos \phi \quad [\text{ерг/см}^2], \quad (1)$$

та формула роботи адгезії між твердим тілом і рідиною:

$$W_{\text{рг}} = \sigma_{\text{рг}} (1 + \cos \phi), \quad (2)$$

де ϕ — крайовий кут зіткнення рідкої і твердої фаз; σ — поверхневий натяг, ерг/см^2 ; р, т, г — індекси позначають відповідно рідку, тверду і газоподібну фази.

З аналізу залежностей (1, 2) видно, що домінуючою змінною величиною являється поверхневий натяг σ .

Із термодинаміки відомо [6], що повна енергія системи має вигляд:

$$U' = H - T \frac{dH}{dT}, \quad (3)$$

де H — вільна енергія; $T \frac{dH}{dT}$ — зв'язана енергія.

За літературним джерелом [6] у разі ізотермічної зміни величини поверхні (наприклад рідини) на 1 см^2 затрачується (у разі розтягування) чи віддається (у разі стискання) механічна робота, яка чисельно дорівнює поверхневому натягу σ . Отже, ця робота виражає зміну вільної енергії поверхні при ізотермічному збільшенні або зменшенні поверхні на 1 см^2 . Тобто $H = \sigma$. Згідно з цим рівняння (3) набуде вигляду:

$$U' = \sigma - T \frac{dH}{dT}. \quad (4)$$

де σ – поверхневий натяг, а також вільна енергія одиниці поверхні, ерг/см².

Величина $T \frac{dH}{dT}$ може бути знайденою, якщо відома залежність $\sigma = f(T)$:

$$\sigma = \sigma_0 - \beta t, \rightarrow \frac{d\sigma}{dT} = -\beta, \rightarrow U' = \sigma + \beta T. \quad (5)$$

У залежності (5) σ_0 – поверхневий натяг за нульової температури. Отже, з підвищенням температури поверхневий натяг падає, оскільки збільшується середня відстань між молекулами і їх міжмолекулярна дія слабшає.

Із рівнянь (4), (5) випливає, що повна енергія поверхневого шару не залежить від температури, оскільки $\frac{d\sigma}{dT} = -\beta$ то $\frac{d^2\sigma}{dT^2} = 0$. У розглядуваному випадку можна припустити, що енергія, з якою електричне поле діє на одиничну поверхню ММ, і буде виражати повну енергію U' одиниці поверхні. Тобто:

$$U' = \sigma + \beta T = U. \quad (6)$$

Із формул (5) і (6) можна отримати такі залежності:

$$U = Eh = \sigma + \beta T \rightarrow \sigma = Eh - \beta T. \quad (7)$$

Із формули (7) випливає, що поверхневий натяг σ має залежати від напруженості електричного (електростатичного) поля E . Тобто ми отримали залежність $\sigma = f(E)$.

3.2. Результати досліджень. Таким чином, у цій роботі отримано модельні залежності, що пояснюють взаємозв'язок між основними фізичними параметрами трибосистем і електричним полем:

$$\begin{aligned} \sigma &= f(\bar{E}); \\ \sigma &= f(T); \\ \tilde{A} &= f(\bar{P}). \end{aligned}$$

Література

1. Кравец И. А. Ремонтная регенерация трибосистем [Текст] / И. А. Кравец. — Т. : Издательство Бежежского агротехнического института, 2003. — 284 с.
2. Александров Е. Е. Повышение ресурса технических систем путём использования электрических и магнитных полей [Текст] / Е. Е. Александров, И. А. Кравец, Е. П. Лысыков, О. В. Соловьев, А. А. Тропина. — Харьков : НТУ «ХПИ», 2006. — 544 с.
3. Трофимов И. Л. Метод підвищення експлуатаційних властивостей мастильних матеріалів дією електростатичного поля [Текст] / І. Л. Трофимов // Вісник Національного технічного університету України «КПІ» (Машинобудування). — 2008. — вип. № 53/2008. — Ч. 1. — С. 134–144.
4. Кравец І. А. Вплив електрообробки на формування протизносних властивостей мастильних середовищ [Текст] : тези доп. Міжнар. науково-техн. конф. «Сучасні проблеми трибології», 19–21 травня, м. Київ / І. А. Кравец, І. Л. Трофимов, В. В. Бурикін. — К. : ІВЦ АЛКОН НАН України, 2010. — С. 115.
5. Пат. 31878 Україна. МПК (2006) F02M 27/00. Пристрій для обробки діелектричних паливно-мастильних матеріалів / І. Л. Трофимов, О. М. Зубченко, І. А. Кравец. — Чинний від 25.04.2008. Бюл. № 8, 2008 р.
6. Ахматов А. С. Молекулярная физика граничного трения / А. С. Ахматов. — М. : Физ. гиз., 1963. — 472 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ПРОТИВОИЗНОСНЫЕ СВОЙСТВА СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

И. Л. Трофимов

В статье приведено обоснование применения математических зависимостей влияния электрического поля на противоизносные свойства смазочных материалов, которые устанавливают взаимосвязь между основными физическими параметрами трибосистем и электрическим полем.

Ключевые слова: смазывающий материал, противоизносные свойства, электрическое поле, математические зависимости.

Игорь Леонидович Трофимов, доцент кафедры экологии Национального авиационного университета, канд. техн. наук, тел.: +38063-4364315, e-mail: troffi@ukr.net.

THEORETICAL JUSTIFICATION OF INFLUENCE ELECTRIC FIELD ON ANTIWEAR PROPERTIES OF LUBRICANTS

I. Trofimov

In the article the ground of application mathematical dependences of influence electric-field is resulted on antiwear properties of lubricating materials which set intercommunication between the basic physical parameters of tribosystem and electric field.

Keywords: lubricating material, antiwear properties, electric field, mathematical dependences.

Igor Trofimov, associate professor of department ecology National aviation university, Cand. Tech. Sc., tel.: +38063-4364315, e-mail: troffi@ukr.net.