

УДК 629.735:662.75.017.1.03

О.М. Трошін, Р.М. Джус

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ПРО ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОБРОБКИ ОЛИВ НА ЇХ СЛУЖБОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

У роботі розглядається можливість покращення протизношувальних властивостей олиव застосуванням методів електромагнітної обробки з метою поліпшення службових характеристик мастильних матеріалів. Також приведені результати виконаних випробувань впливу напруженості поздовжнього, циркулярного, комбінованого магнітного поля на показник зношування.

протизношувальні властивості, оливи, електромагнітна обробка

Введення

Підвищення ряду таких службових властивостей, як термостабільність, стійкість до нагароутворення, зниження корозійної активності досягається зниженням протизношувальних властивостей олив. Саме за цим показником у ряді випадків обмежується ресурс таких дорогих олив, як МК-8П, Б-ЗВ, ИПМ-10 та ін. [1]. Таким чином, поліпшення протизношувальних властивостей мастил при збереженні всього комплексу експлуатаційних і службових властивостей є актуальною задачею. Одним з напрямків у вирішенні цієї задачі є застосування методів електромагнітної обробки олив, під якою розуміють короткотермінову дію магнітних полів, як постійних, так і змінних з метою поліпшення експлуатаційних характеристик мастильних матеріалів і робочих рідин [2].

Однією з причин, з якої стримується широке застосування магнітної обробки для поліпшення службових властивостей олив і гідравлічних рідин, є відсутність об'єктивної фізичної концепції, що дозволяє пояснити ефект поліпшення протизношувальних властивостей, з цієї причини апарати для намагнічування не піддаються розрахунку, а отже мають множинну варіантів (декілька сот), що усклад-

нює їх класифікацію і зіставлення. Головним недоліком проведених дослідів є відсутність досліджень, які дозволили б об'єктивно оцінити ефективність різних видів намагнічування для одних і тих же умов оцінки службових властивостей мастильних матеріалів. Окрім того, у більшості випадків порівняльні випробування на зношування не відповідають вимогам ДСТ.

Для порівняльних випробувань впливу магнітних полів на протизношувальні та протизадирні (службові) властивості моторних олив була обрана моторна олива М-10Г (ГОСТ 12337-84) (SAE 10W40) API SF/CE ТУ 38001488636-60-92. Мастильний матеріал належить до групи мінеральних олив для роботи у високофорсованих бензинових і дизельних двигунах без турбонаддування.

Оцінка протизадирних і протизношувальних властивостей здійснювалася на чотирикульковій машині на сталевих кульках. Кульки ГОСТ 3722-81 зі сталі ШХ15 ГОСТ 801-78. Твердість кульок складала HRC 62...64.

Випробування проводилися згідно з:

– ГОСТ 9490-75 "Матеріали мастильні рідкі і пластичні. Метод визначення трибологічних властивостей на чотирикульковій машині";

– ГОСТ 23224-86 "Забезпечення зносостійкості виробів". Випробування за групою А. Група А – порівняльні експрес-випробування, суть яких полягає у визначенні мастильних середовищ, які пройшли магнітну обробку і без магнітної обробки. Випробування проводяться при заздалегідь встановлених тотожних умовах;

– ГОСТ 9490-75, який передбачає визначення таких показників:

а) показник зносу P_n , що вимірюється в міліметрах – це пересічне значення діаметрів трьох плям контакту на нерухомих кульках. Характеризує протизношувальні властивості олив. Чим менше є P_n , тим кращі протизношувальні властивості має мастильний матеріал;

б) критичне навантаження $P_{кр}$, що вимірюється в Ньютонах, під яким розуміють раптове збільшення (більше, ніж 0,1 мм) діаметра плям контакту на нерухомих кульках. Характеризує несучу здатність мастильної плівки, адсорбованої на поверхні тертя. Чим вище $P_{кр}$, тим вищою є несуча здатність мастильних плівок;

в) навантаження зварювання P_z , що вимірюється в Ньютонах, під яким розуміють найменше навантаження, при якому зварюються кульки. Характеризує втрату всіх мастильних властивостей оливи, у тому числі й вичерпання властивості протизадирної присадки. Чим вище P_z , тим кращі властивості має олива. Згідно з ГОСТ 23224-86 поліпшення властивостей олив визначають співвідношеннями: протизношувальні властивості $P_n/P_{n,обр}$, $P_{кр}/P_{кр,обр}$; протизадирні властивості $P_z/P_{z,обр}$.

Трибологічні дослідження здійснюються на вдосконаленій машині тертя 2070 СМТ-1 [3], яка дозволяє реалізувати чотирьох-кулькову схему.

При проведенні всіх серій випробувань дотримувалися таких умов:

– оберталася верхня кулька яка і з'єднувалася з приводом;

– три нижні кульки не рухомі, через які докладалося зусилля до вузла тертя.

Машини тертя була обладнана мастильною системою, структурна схема яка зображена на рис. 1.

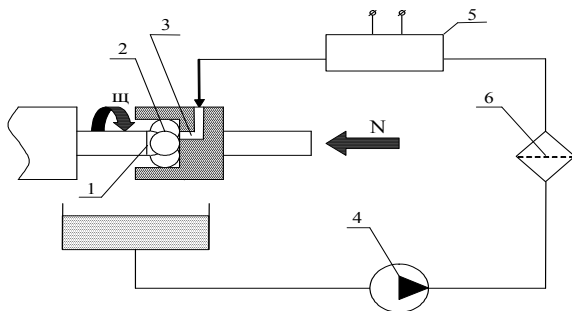


Рис. 1. Схема випробувальної установки: 1 – рухома кулька; 2 – нерухомі кульки; 3 – мастильний канал; 4 – шестеренчастий насос; 5 – обладнання для магнітної обробки; 6 – фільтр тонкої очистки

Три нерухомі кульки 2 притискуються до рухомої 1 навантаженням N . Подача оливи в зону тертя здійснюється через канал 3 в чашці кріплення трьох нерухомих кульок шестеренчастим насосом 4. Після насоса моторна олива проходила пристрій магнітної обробки 5, він був розроблений на основі авіаційного переносного магнітного дефектоскопа ПМД-70. Для запобігання впливу часток зношування на отримані результати в схемі був встановлений фільтр тонкої очистки 6.

Відповідно до мети досліджень, створювалося поздовжнє, циркулярне і комбіноване намагнічування моторної оливи при його русі через пристрій намагнічування 5.

Поздовжнє намагнічування здійснюється соленоїдом, що входить до комплексу дефектоскопа. Напруженість магнітного поля соленоїда визначається формулою [4]:

$$H_n = \frac{n \cdot 10^2}{\sqrt{l^2 + D^2}} \cdot I,$$

де n – кількість витків соленоїда; l – довжина обмотки в см; D – середній діаметр соленоїда в см; I – сила струму в котушці соленоїда в А.

За умовами експерименту напруженість поля в середині соленоїда змінювалася від 2133 А/м до 27335 А/м.

Напруженість регулювалася змінюванням сили струму. У середині соленоїда розташовується трубопровід, по якому транспортується олива до вузла тертя.

Циркулярне намагнічування здійснюється в коаксіальних трубопроводах за допомогою електрокабелю. Схема пристрою зображена на рис. 2.

Напруженість магнітного поля при циркулярному намагнічуванні визначається за формулою [4]:

$$H_c = \frac{320}{D} \cdot I,$$

де D – середній діаметр коаксіального пристрою, мм; I – сила струму, А.

У процесі експерименту напруженість змінювалася від 2133 А/м до 21335 А/м шляхом зміни сили струму.

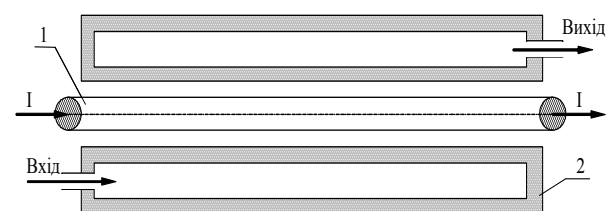


Рис. 2. Схема пристрою циркулярного намагнічування: 1 – електрокабель; 2 – коаксіальний трубопровід

Комбіноване намагнічування – це намагнічування поздовжніми і циркулярними полями водночас, тобто пристрій, показаний на рис. 2, розташували в середині соленоїда.

При пропусканні струму через соленоїд і кабель одночасно олива, що протікає через коаксіальний трубопровід, зазнавала обробки комбінованим магнітним полем.

Перша серія випробувань мала на меті визначити спосіб прикладення магнітного поля до рухомої робочої рідини у трубопроводі.

Як зазначалося вище, застосовувалися три способи намагнічування: поздовжнє; циркулярне; комбіноване (повдовжнє і циркулярне).

Для того, щоб зменшити кількість досліджуваних факторів, напруженість поля не змінювалася і була зафіксована на максимальних значеннях.

На першому етапі були проведені випробування за визначенням P_n , $P_{кр}$, P_z моторної оливи без магнітної обробки, а далі, по черзі, трьома способами намагнічування.

Результати експериментів наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати експериментів

Параметр	P_n , мм	$P_{кр}$, Н	P_z , Н
Вихідна (базова) олива	0,4	823	2450
Олива, оброблена поздовжнім магнітним полем	0,32	980	2450
Олива, оброблена циркулярним магнітним полем	0,58	760	2450
Олива, оброблена комбінованим магнітним полем	0,45	800	2450

Як впливає з аналізу таблиці, не всі види магнітної обробки поліпшують трибологічні характеристики моторної оливи. Циркулярне і комбіноване намагнічування не лише не покращують службові властивості, а, навпаки, погіршують їх. Найкращий (позитивний) ефект виявляється при обробці потоку оливи поздовжнім магнітним полем. У цьому випадку зменшення показника зношування відбувається у 1,25 раза. При цьому відбувається збільшення критичного навантаження у 1,2 раза. Зміни навантаження зварювання не зафіксовано.

Графік залежності службових властивостей моторних оливи при різній обробці наданий на рис. 3.

Перша точка на кривих характеризує показник зношування P_n , оскільки визначається при навантаженні 200 Н (ГОСТ 9490-75). Друга точка визначає критичне навантаження $P_{кр}$, при якому поверхнево-активні речовини не забезпечують адсорбції молекул оливи до поверхні тертя. Цьому передують велике виділення тепла у вузлі тертя.

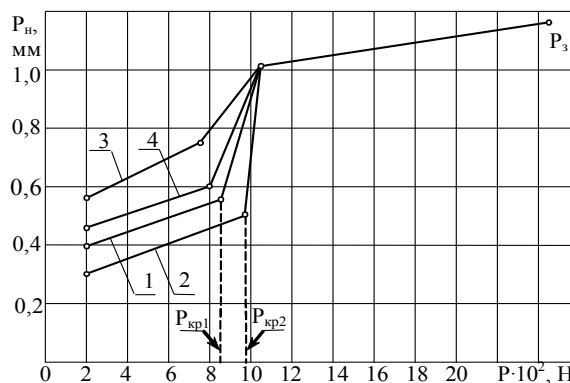


Рис. 3. Залежність службових властивостей моторних оливи при різній обробці: 1 – вихідна олива без обробки магнітним полем; 2 – олива, оброблена поздовжнім магнітним полем; 3 – олива, оброблена циркулярним магнітним полем; 4 – олива, оброблена комбінованим магнітним полем

Як видно з графіка, олива, що пройшло обробку поздовжнім магнітним полем, збільшує $P_{кр}$. Можна сказати, що при цьому збільшуються адсорбційні властивості молекул оливи до поверхонь тертя, що є позитивним і призводить до поліпшення службових властивостей оливи. Третя переломна точка на кривій характеризує початок роботи хімічно-активних речовин, що знаходяться в оливі у вигляді активних протизадирних присадок. Як видно з графіка, жоден з видів магнітної обробки не поліпшує протизадирних властивостей оливи. На це також вказує і величина навантаження зварювання P_z , яка для всіх видів обробки не відрізняється від вихідної оливи.

Результати другої серії випробувань із впливу напруженості магнітного поля на показник зношування зображені на рис. 4.

З поданої залежності випливає, що збільшення напруженості магнітного поля при поздовжньому намагнічуванні рідини приводить до поліпшення службових властивостей оливи. На інших способах магнітної обробки збільшення напруженості поля 2, 3 знижує службові властивості оливи.

У більшості робіт з магнітної обробки рідин відзначають переважний вплив характеристик магнітного поля і швидкості потоку, які, у свою чергу, залежать від їх фізико-хімічних властивостей. Встановлено, що в апаратах магнітної обробки на перший план виступає така характеристика магнітного поля, як градієнт його напруженості, тобто зростання напруженості поля на одиницю відстані. Потрапляючи до неоднорідного магнітного поля, рідина зазнає дії сили:

$$f = x \cdot H \cdot dH/dx,$$

де x – магнітна сприйнятливості одиниці об'єму речовини; H – напруженість магнітного поля; dH/dx – градієнт напруженості.

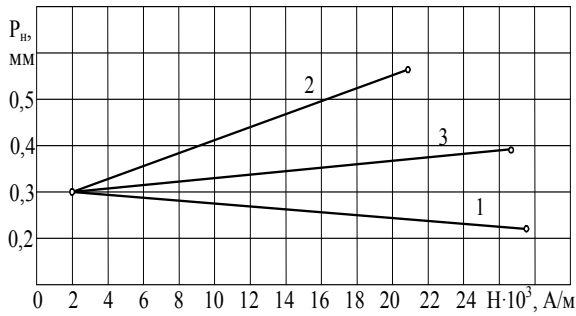


Рис. 4. Вплив напруженості магнітного поля на показник зношування

Підбір та регулювання швидкості течії вважається при магнітній обробці обов'язковою умовою. Швидкість течії впливає через дію сили Лоренца на структуру зв'язків у поляризованій рідині [4]. Окрім того, від швидкості течії залежить така важлива характеристика, як частота змінювання магнітного поля.

Отримання позитивного ефекту при намагнічуванні рідин спостерігалось при швидкостях переміщення в діапазоні 1,5...3 м/с.

Результати дослідження намагнічування вуглеводневих рідин показують, що позитивний ефект зниження зношування трибосполучень при терті в намагнічуваному мастильному середовищі досягається за рахунок підвищення їх адсорбційної активності в результаті поляризації молекул.

Поляризація молекул відбувається в результаті примусової орієнтації ядерних спінів у напрямку магнітного поля.

Щоб реалізувати режим поляризації, необхідно досягти резонансної частоти коливання ядер водню (прецесія ядер). Значення цієї частоти можна визначити з виразу:

$$\omega = \gamma \cdot H = 2\pi \cdot f ,$$

де ω – циклічна частота коливань напруженості; γ – гідромагнітні відношення водню.

У свою чергу, щоб досягти умови резонансу, необхідно, щоб напруженість змінювалася за законом арифметичної прогресії.

Скважність імпульсних сигналів визначається часом релаксації ядерних спінів, значення якого залежатиме від фізико-хімічного складу рідини і може бути визначене експериментальним шляхом.

У пристрої магнітної обробки (рис. 3) конструкція якого прийнята за основу [5], електромагнітна система являє собою соленоїд дефіс-індуктор, градієнт напруженості магнітного потоку якого регулюється генератором імпульсного струму.

Тому досягнення умови поляризації ядерних спінів не викликає труднощів, і може бути реалізована для усіх вуглеводневих рідин.

Висновки

Проведені експериментальні дослідження способів магнітної обробки потоку робочої рідини (моторної оливи) показали, що обробка поздовжнім магнітним полем дає позитивний ефект, оскільки поліпшує трибологічні характеристики. Циркулярні і комбіновані магнітні поля погіршують трибологічні властивості оливи.

Застосування поздовжніх магнітних полів при обробці робочих рідин (олив) позитивний ефект буде тим більшим, чим більшою є величина напруженості магнітного поля. Для цього необхідно створювати спеціальні пристрої для створення полів високої напруженості, наприклад, на основі постійних магнітів.

Застосування поздовжніх магнітних полів для обробки моторної оливи з напруженістю

$$H = 27 \cdot 10^3 \text{ А/м}$$

дозволяє поліпшити трибологічні характеристики оливи (протизношувальні властивості в 1,25 раза) порівняно з базовою оливою. Протизадирні властивості мастила при магнітній обробці не поліпшуються.

Список літератури

1. Смирнов М.С., Сахно Г.И. Эксплуатационные свойства авиационных топлив, смазочных материалов и специальных гидкостей // Вопросы химтологии. – К.: КИИГА, 1977. – С. 14.
2. Отчет по НИР №332. Исследование электромагнитной обработки авиационных ГСМ на улучшение их эксплуатационных свойств. – Х.: ХВВАИУ, 1990. – 123 с.
3. Войтов В.А., Баздеркин В.А. Универсальная машина трения // Трение и износ. – 1993. – Т. 13, № 3. – С. 501-506.
4. Киргинцев А.Н. Теория и практика магнитной обработки водных систем // Журнал физической химии. – 1971. – Т. XIV. – С. 857-859.
5. А.с. СССР №854890, кл. C02 F 1/48, 1991. Крылов О.Г., Суханов В.Г. Устройство для магнитной обработки воды.

Надійшла до редколегії 2.03.2007

Рецензент: д-р техн. наук, старш. наук. співр. А.В. Русанов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.