

## ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ГРАНИЧНИХ МАСТИЛЬНИХ ШАРІВ У СЕРЕДОВИЩІ ОЛИВ З РІЗНИМ ЗАЛИШКОВИМ РЕСУРСОМ

*Доктор технічних наук Дмитриченко М.Ф.,  
Доктор технічних наук Мнацаканов Р.Г.,  
Кандидат технічних наук Білякович О.М.*

Як відомо, у якості основних параметрів, що визначають ефективність мастильної дії (МД) в умовах граничного режиму мащення, як правило, прийнято використовувати значення товщини граничного мастильного шару (ГМШ), коефіцієнта тертя й об'ємної температури оливи, самим же інформативним з вищевказаних параметрів, на думку авторів багатьох робіт [1, 2 та ін.], є значення товщини ГМШ.

Проведені рядом дослідників вимірювання товщини ГМШ показали, що зубчаті колеса агрегатів трансмісій різних транспортних засобів переважно працюють в умовах змішаного режиму мащення з перевагою граничного [3].

Товщина ГМШ за оцінками, отриманими різними методами, коливається у великих межах: від сотень нм до десятків мкм [4, 5 та ін.].

Значення товщини мастильної плівки при граничному режимі тертя визначається у меншому ступені в'язкістю оливи, а в більшому – фізико-хімічними властивостями мастильного середовища, динамікою їх зміни, комплексом факторів, що відображають такі особливості взаємодії робочих поверхонь зубчатих коліс, як їх вихідний стан, приробіток, швидкісні, теплові і навантажувальні режими експлуатації, характер зміни цих параметрів у часі [6].

Очевидно, що товщина ГМШ у зубчатому зачепленні впливає на його довговічність, для забезпечення оптимальної товщини мастильної плівки у вищевказаних трибосполученнях мастильний матеріал повинен підбиратись відповідно до умов експлуатації.

Термін служби оливи залежить як від фізико-хімічних властивостей самої оливи і пари тертя, так і від умов експлуатації, зокрема, в агрегатах трансмісій різних автомобілів він може змінюватись у широких межах: приблизно від 20 до 100 тис. кілометрів пробігу. Тому його призначення винятково індивідуальне для кожного типу трибосистеми.

У деяких випадках доцільно збільшувати термін служби оливи аж до сезонного, а в інших - рекомендувати зменшення прийнятого ресурсу. У цьому зв'язку головним є положення про стабілізацію якості оливи в агрегатах машин і про два діючих взаємно протилежних чинника у процесі застосування оливи – спрацьовування присадок і поліпшення експлуатаційних властивостей базової частини оливи [7].

Стосовно аналізу показників МД олив із різним залишковим ресурсом і ступенем забруднення, слід зазначити крайню обмеженість інформаційних джерел з цих питань.

У роботі [8] представлені результати досліджень параметрів МД трансмісійних олив різної якості при моделюванні реальних умов експлуатації зубчатих зачеплень агрегатів трансмісій авіаційної наземної техніки в умовах сталого режиму тертя. Аналіз отриманих результатів свідчить, що якісний стан оливи істотно впливає на товщину мастильного шару, а отже, і на ефективність МД. Значний вплив на показники мастильної дії, як з'ясувалось, також має метод очищення мастильних середовищ.

Представлені у даній статті результати порівняльних досліджень динаміки формування граничних мастильних шарів у контактній зоні трибосполучень у залежності від залишкового

ресурсу трансмісійних олив в умовах нестационарного режиму тертя, по суті, є логічним продовженням і розвитком раніше проведених авторами досліджень.

Для реалізації задач, що були поставлені у роботі, у якості модельного мастильного середовища була обрана трансмісійна мінеральна олива ТМ-5-18 (Азмол ТАД – 17і). Проби вищевказаної оливи для проведення експериментальних робіт були відібрані: у стані постачання - з ємностей заводського виготовлення зі свіжими оливами; з різним залишковим ресурсом - з агрегатів трансмісій спеціальних машин КП "Міжнародний аеропорт "Донецьк".

Для більш глибокого вивчення параметрів МД в умовах застосування олив різної якості відбір проб ТМ-5-18 був здійснений за спеціально розробленою програмою триботехнічних випробувань у залежності від величини пробігу авіаційної наземної техніки: після 30000, 70000 і 90000 кілометрів.

У якості модельного матеріалу використовувались зразки зі Ст 45, що є однією з найбільш розповсюджених марок середньовуглецевої сталі для виготовлення зубчатих коліс трансмісій автомобілів. Дослідні зразки так само, як і реальні зубчаті колеса, попередньо загартовувались до необхідної твердості.

Для вивчення товщини граничного мастильного шару був застосований електричний метод, розроблений професором Райко М.В. [9], що ґрунтується на вимірюванні падіння електричної напруги (пропорційно товщині шару) у режимі нормального тліючого розряду при постійній силі струму між контактуючими поверхнями.

Дослідження мастильної здатності масел з різним залишковим ресурсом проводилось на лабораторній одноконтактній установці СМЦ-2 у режимі нестационарного тертя при помірних температурах.

На рис.1. представлені залежності товщини ГМШ від тривалості випробувань досліджуваних зразків у мастильних середовищах у стані постачання та з різним залишковим ресурсом після їх попереднього наробітку в агрегатах трансмісій авіаційної наземної техніки (АНТ).

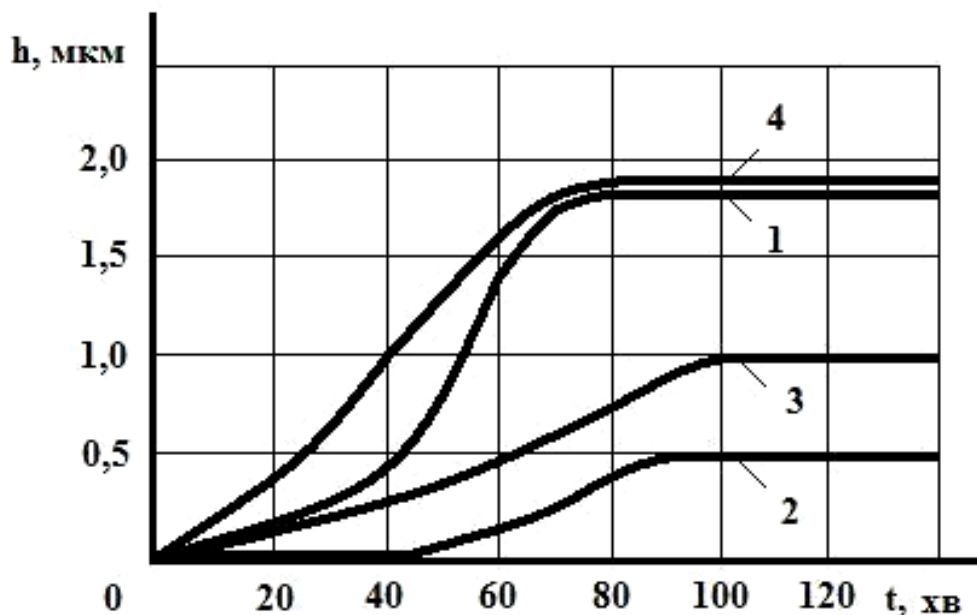


Рис.1. Залежність товщини граничного мастильного шару від тривалості випробувань при використанні олив: 1 – у стані постачання; 2 – після пробігу 30000 км; 3 – після пробігу 70000 км; 4 – після пробігу 90000 км

Вищенаведений рисунок ілюструє винятково динаміку формування твердих, так званих, квазікристалічних граничних мастильних шарів, оскільки значення товщин ГМШ, представлені на даних графічних залежностях, фіксувались у моменти зупинок привідного електродвигуна машини тертя в умовах реалізації нестационарного режиму мащення трибосполучень (пуски-зупинки) і гідродинамічною складовою товщини мастильного шару в контактї можна знехтувати.

Доцільність застосування несталого режиму тертя і мащення дослідних зразків при проведенні випробувань пояснюється можливістю інтенсифікації процесів формування ГМШ саме в умовах нестационарних режимів роботи зубчатих передач, чого досягти при сталих режимах випробувань достатньо складно.

Аналіз результатів досліджень ГМШ, сформованого при використанні оливи в стані постачання (крива 1) підтверджує високий рівень експлуатаційних характеристик ТМ-5-18 (Азмол ТАД – 17і), що заявлений виробником. Як видно із рисунка, мало місце досить інтенсивне зростання товщини ГМШ, після 80 хвилин експерименту значення останньої стабілізувались.

На думку авторів, процес фізичної адсорбції у даному випадку здійснювався, в основному, завдяки наявності високов'язкого ароматизованого продукту, здатного до поляризації під дією силового поля твердої поверхні, також мала місце фізадсорбція неполярних вуглеводнів.

При реалізації нестационарного режиму тертя, при напружених навантажувально-температурних умовах у контактній зоні мала місце десорбція молекул вуглеводнів, а стабілізація товщини ГМШ при подальшому підвищенні температури відбувалась за рахунок хемосорбційних процесів.

Хімічне модифікування поверхонь тертя відбувалось за наявності у складі оливи комплексної присадки „Англомол-99” із високим вмістом фосфора.

У процесі формування модифікованих поверхневих шарів важлива роль приділяється хемосорбційній взаємодії кисню з поверхнею зразків. Однак, можна припустити, що товщина оксидної плівки невелика через відсутність у чистій оливі продуктів окислювання, що є носіями кисню до поверхні металу.

Аналіз отриманих результатів свідчить, що тривалість попередньої експлуатації мастильних середовищ, а, отже, їх якість, істотно впливає на товщину ГМШ і на ефективність МД у цілому.

Зокрема, випробування в оливі після її попереднього наробітку до 30000 км пробігу АНТ (крива 2) підтвердили низьку ефективність мастильної дії ТМ-5-18 у даному якісному стані. Формування стійкого ГМШ почалося на 45 хвилині експерименту, стабілізація товщини мастильного шару наступила при найнижчих значеннях у порівнянні з подібними значеннями, отриманими при випробуваннях в інших аналізованих мастильних середовищах.

Випробування в трансмісійній оливі, відібраній після 70000 км пробігу АНТ, продемонстрували помітне поліпшення параметрів її МД (крива 3) у порівнянні з попередніми результатами. Формування стійкого ГМШ спостерігалось з перших хвилин випробувань, стали значення товщини граничного мастильного шару істотно перевищували аналогічні значення, отримані при випробуваннях в оливі після 30000 км пробігу АНТ. Інтенсивність утворення ГМШ, абсолютні значення їх товщини при використанні в експериментальних роботах оливи з максимальним пробігом АНТ (у нашому випадку - 90000 км) дещо перевершували навіть параметри граничного мастильного шару, сформованого при випробуваннях у чистій оливі (крива 4).

При експлуатації оливи механізм їх МД зазнає істотних змін за рахунок процесів окислювання і полімеризації, потрапляння в мастильне середовище різного роду забруднень, наявності продуктів зношування і спрацювання присадок.

Отримані в процесі випробувань високі значення товщини мастильного шару можна пояснити наявністю в довгопрацюючій оливі значної кількості продуктів старіння, які, завдяки своїй полярній активності, адсорбуються на поверхнях тертя і здійснюють протизношувальний вплив.

При зміні температурного режиму, очевидно, фізична адсорбція полярно-активних молекул замінювалась хемосорбцією продуктів окислювання і полімеризації оливи з утворенням на поверхні тертя органічної плівки, що самогенерується.

В умовах застосування оливи із проміжними значеннями ресурсу (пробіг АНТ 30000 і 70000 км), на думку авторів, має місце перехідний якісний стан мастильних середовищ - коли активні присадки частково або цілком вироблені, а процеси окислювання і полімеризації базової частини оливи ще недостатньо ефективні при формуванні ГМШ.

Отже, на певних етапах використання трансмісійних оливи і стадіях їх старіння відбувається помітне погіршення параметрів мастильної дії, зокрема, зменшення товщини ГМШ, уповільнення інтенсивності їх формування, після чого ефективність МД знову збільшується.

Безумовно, вивчення особливостей формування, оціночних критеріїв граничних мастильних шарів трибосполучень у залежності від показників якості мастильних середовищ, механізмів мастильної дії оливи з різним залишковим ресурсом вимагають проведення подальших досліджень, що дозволить більш ефективно здійснювати підбір елементів трибосистем у конкретних умовах експлуатації, оптимізувати тривалість раціонального використання мастильних матеріалів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Сіренко Г.О., Кузишин О.В. Зношування твердих тіл при наявності на їх поверхнях наноплівок мастильних матеріалів // Фізика і хімія твердого тіла. – 2006. – 7, №3. – С. 593-600.
2. Айнбиндер С.Б. О механизме граничного трения // Трение и износ. – 1983. – Т.4. - №1. – С. 5-11.
3. Дыха А.В., Волинский Б.С. Исследование внедрения движущегося сферического индентора в смазанную и сухую поверхность // Проблемы трибологии. – 2008. – №2. – С. 89-93.
4. Мур Д. Основы и применения трибоники. – М.: Мир, 1978. – 487 с.
5. Дмитриченко Н.Ф., Мнацаканов Р.Г. Смазочные процессы в условиях нестационарного трения. – Житомир: ЖИТИ, 2002. – 308 с.
6. New results about the behaviour of lubricants in the contact with machinery elements. Holweger W., Beckmann P., Ott R. Tribology and Lubrication Engineering: 14 International Colloquium Tribology, Ostfildern, Jan. 13-15, 2004. Vol. 3. Ostfildern: Techn. Akad. Esslingen. – 2004. – p. 1673-1678.
7. Венцель С.В. Смазка и долговечность двигателей внутреннего сгорания. – К.: Техніка, 1977. – 208 с.
8. Билякович О.Н. Влияние загрязненности трансмиссионных масел на смазочное действие и состояние поверхностных слоев трибосопряжений: Дис... канд. техн. наук: 05.02.04 / Киевский международный ун-т гражданской авиации. – К.: 1996. – 273 с.
9. Райко М.В., Тривайло М.С. Метод измерения толщины смазочного слоя в контакте деталей машин //Физико-химическая механика материалов. – 1965. – №5. – С. 38-43.