

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК РЕОЛОГІЧНИХ ТА АНТИФРИКЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОЛИВ В УМОВАХ НЕДОСТАТНЬОГО МАЩЕННЯ

Дмитриченко М.Ф., доктор технічних наук

Савчук А.М., кандидат технічних наук

В статті представлені результати експериментальних досліджень взаємозв'язку між реологічними і антифрикційними властивостями мастильних матеріалів в умовах недостатнього мащення. Виявлено різні механізми структуризації граничних адсорбційних шарів мінеральних та напівсинтетичних моторних олів. Встановлено підвищення ефективної в'язкості із збільшенням контактної напруги. Визначено, що найефективнішими антифрикційними властивостями характеризуються оливи, які в своєму складі містять синтетичні поліальфаолефіни.

In the article the presented results of experimental researches of intercommunication are between reological and by anti-friction properties of lubricating materials in the conditions of the insufficient painting. The different mechanisms of structuring of maximum adsorption layers of mineral and semisynthetic agile oils are educed. The increase of effective viscosity is set with the increase of pin tension. Certainly, that characterized the most effective anti-friction properties olive, that in the composition contain synthetic polialfaolefiny.

На практиці умови роботи достатньо часто суттєво відрізняються від тих ідеальних умов, які приймаються чи забезпечуються в більшості теоретичних і експериментальних дослідженнях.

Постановка проблеми. Виникнення і розвиток процесу заїдання і схоплювання пов'язано із руйнуванням мастильного шару. Заїдання і схоплювання не може з'явитися, якщо поверхні тертя розділені мастильним шаром достатньої товщини. Все це підтверджує визначну роль основного ЕГД показника – товщини мастильного шару, як критерію розвитку масляного голодування (недостатнього мащення), що безпосередньо породжує розвиток заїдання і схоплювання [1].

Метою роботи являлось встановлення взаємозв'язку між реологічними і антифрикційними властивостями мастильних матеріалів при змащуванні вузла тертя оливою для автоматичних коробок передач (АКП), трансмісійною оливою ТАД-17і, моторними оливами SAE15w40 та SAE10w40 і універсальною моторно-трансмісійною оливою ЄМТ-8. Дослідження проводились при контактних напругах 251,5; 316,9; 362,7 МПа в умовах поступового збільшення сумарної швидкості кочення (від 0 до 3,4м/с) з проковзуванням 15%. Об'ємна температура олів складала 20°C. Товщина мастильного матеріалу визначалась методом оптичної інтерференції.

Результати досліджень. В діапазоні навантаження від 251,5 до 362,7МПа для всіх досліджуваних мастильних матеріалів встановлено підвищення ефективної в'язкості ($\eta_{\text{еф}}$) в контакті, що також свідчить про структуризацію компонентів мастильного матеріалу під впливом контактної напруги (рис.1).

Для ТАД-17і, яке характеризується найбільшою динамічною в'язкістю за атмосферних умов ($\eta_{20}=0,22$ Па·с), $\eta_{\text{еф}}$ в контакті при σ_{max} 251,5МПа зростає на 98,74%, а при збільшенні контактної напруги до 362,7 МПа $\eta_{\text{еф}}$ підвищується на 47% (рис.1). Оливи з найменшою в'язкістю за атмосферних умов – ЄМТ-8 ($\eta_{20}=0,076$ Па·с) та АКП ($\eta_{20}=0,053$ Па·с) також характеризуються підвищення $\eta_{\text{еф}}$ при σ_{max} 251,5 МПа на 97,62% та 95,61%, а зростання σ_{max} до 362,7МПа обумовлює підвищення ефективної в'язкості на 47% та 50% відповідно.

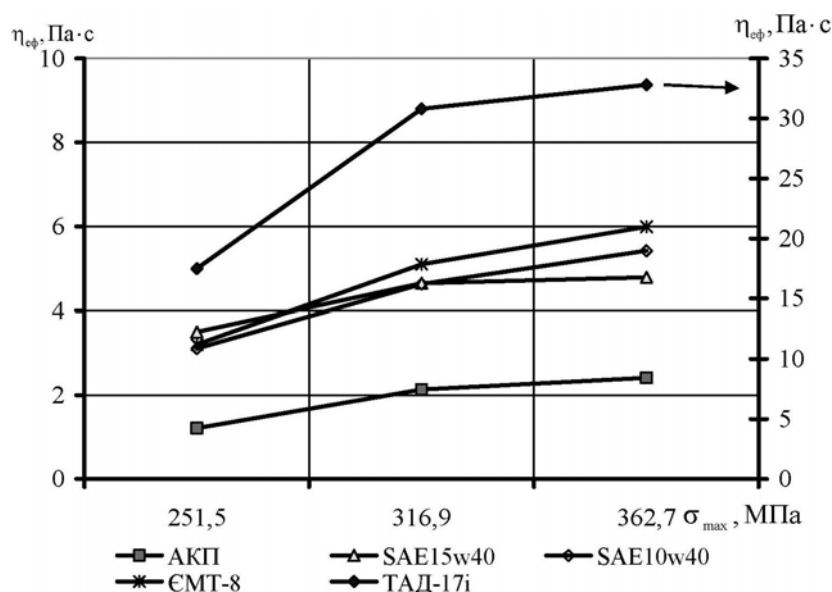


Рис.1. Залежність ефективної в'язкості $\eta_{\text{еф}}$ від контактної напруги (σ_{max}) в умовах недостатнього мащення

Таким чином, не існує суттєвих розбіжностей щодо впливу тиску на зростання $\eta_{\text{еф}}$ для олів різного фракційного складу. Головна відмінність зазначених олів – початкове формування товщини мастильного шару, що забезпечує реалізацію граничного режиму мащення. Для моторних олів SAE15w40 ($\eta_{20}=0,121$ Па·с) та SAE10w40 ($\eta_{20}=0,095$ Па·с) при збільшенні σ_{max} до 251,5МПа $\eta_{\text{еф}}$ в контакті зростає, в середньому, на 96,6%, однак встановлена інша закономірність зміни $\eta_{\text{еф}}$ із тиском. Зокрема, ефективна в'язкість напівсинтетичної моторної оливи зростає на 43%, а мінеральної – на 27%

при збільшенні контактної навантаженні з 251,5 до 362,7 МПа в умовах недостатнього мащення (рис.1). В своєму складі моторні оливи містять понад 15% поліфункціональних присадок, з них біля 8–10% – це в'язкісна присадка поліметакрилатного типу, то ми вважаємо, що із підвищенням контактної навантаженні для напівсинтетичної моторної оливи проявляється синергійний ефект структуризації поліальфаолефінових молекул базової основи та високомолекулярних компонентів загущуючої присадки, який призводить до більшого зростання ефективної в'язкості, в порівнянні з мінеральною моторною оливою.

Незалежно від фізико – хімічного складу моторних оливи встановлено збільшення напруги зсуву мастильного шару (τ) зростає в межах 31% (рис.2), однак при σ_{\max} 362,7 МПа $\eta_{\text{еф}}$ для SAE15w40 менше на 12%, а напруга зсуву мастильного шару аналогічна τ , встановленому для SAE10w40.

Отже, якщо для оливи SAE10w40 підвищення τ обумовлено інтенсифікацією структуризаційно – полімеризаційних процесів в контакт, то для оливи SAE15w40 напруга зсуву мастильного шару підвищується внаслідок утворення метастабільних адсорбційних шарів, що характеризуються додатковим опором зсуву. Для оливи ТАД–17і, АКП та ЄМТ–8 із збільшенням ефективної в'язкості при підвищенні навантаженні також встановлено зростання напруг зсуву мастильного шару в контакт відповідно на 30%, 32% та 31% (рис.2). Згідно Ахматову А.С. [2], оливи в умовах підвищення навантаженні характеризуються надбанням «структурної в'язкості» в контакт.

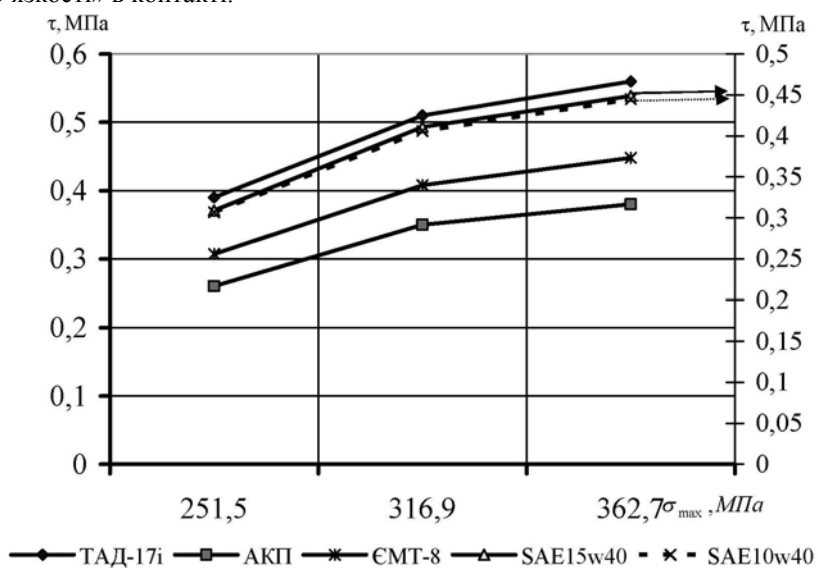


Рис.2 Залежність напруги зсуву мастильного шару τ_{Σ} від контактної напруги (σ_{\max}) в умовах недостатнього мащення

На нашу думку, зниження τ обумовлено іншою структуризацією граничних адсорбційних шарів при обмеженому мащенні – в контакт відсутня значна об'ємна смектично-хаотична фаза, внаслідок ненадходження додаткової порції оливи в контакт, товщину мастильного шару утворюють тільки активовані мастильні компоненти, між якими утворюються сильні когезійні зв'язки.

При аналізі зміни градієнту швидкості зсуву в діапазоні досліджуваних навантажень встановлено збільшення даного параметру для оливи SAE15w40 відповідно на 6%, а для оливи ТАД–17і, АКП, ЄМТ–8 і SAE10w40 – зменшення відповідно на 24%, 27%, 22% та 17% (рис.3).

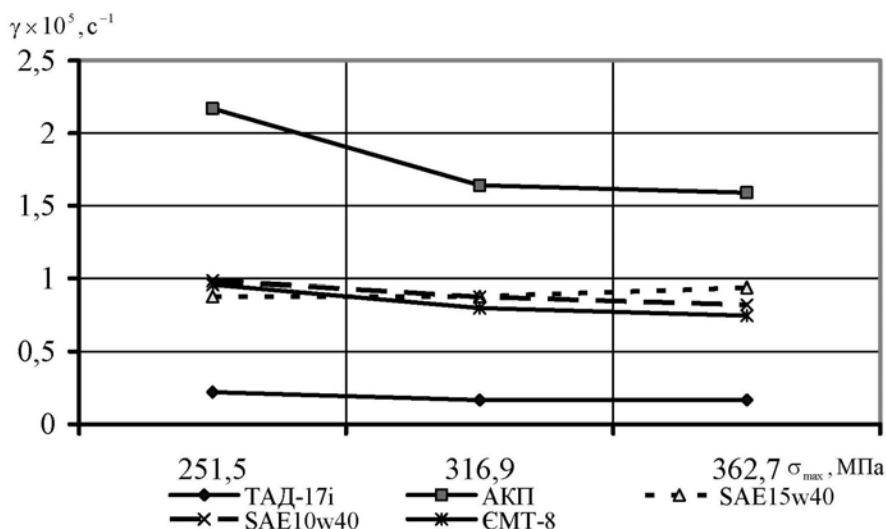


Рис.3 Залежність градієнту швидкості зсуву (γ) від контактної напруги (σ_{\max}) в умовах недостатнього мащення

Аналіз антифрикційних властивостей мастильних матеріалів виявив при обмеженому мащенні із збільшенням навантаженні дві тенденції – мінеральні оливи ТАД–17і та SAE15w40 характеризуються збільшенням f , оливи SAE10w40, ЄМТ – 8, АКП, які містять синтетичні компоненти – зменшенням f при сталому формуванні товщини мастильного шару (рис.4).

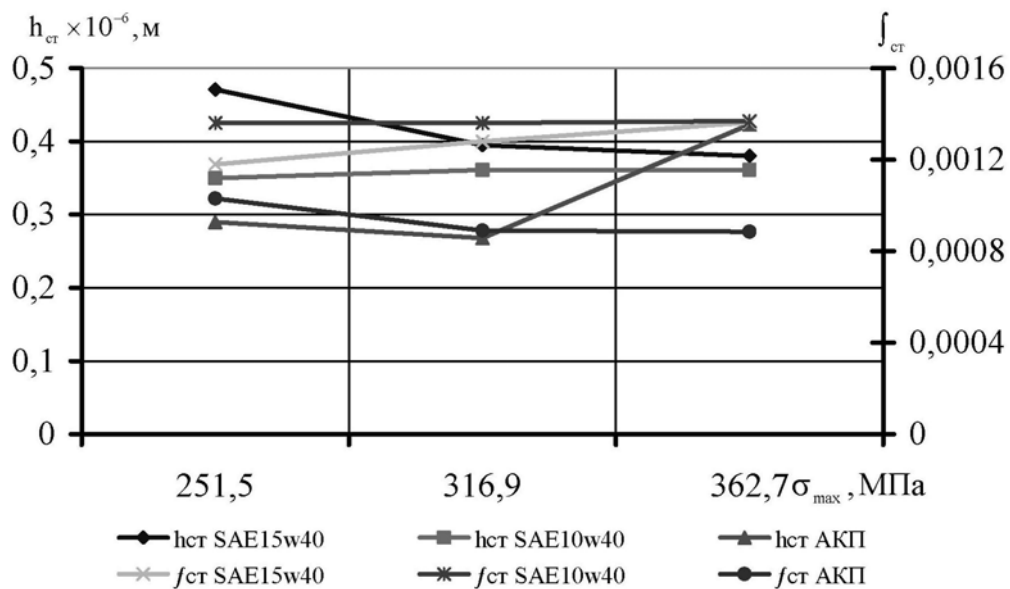


Рис.4 Залежність сталої товщини мастильного шару $h_{ст}$ та сталого коефіцієнта тертя $f_{ст}$ від контактної напруги σ_{max}

Висновки. Таким чином, недостатній режим мащення для контактних поверхонь, що змащуються оливами, які містять синтетичні компоненти PAO-8, призводить до підвищення триботехнічних характеристик контакту, що можливо впроваджувати в режимах припрацювання контактних поверхонь. Ми вважаємо, що незначні контактні навантаження не призводять до надмірного видавлювання мастильного матеріалу із зони контакту, олива не встигає повністю відновити свої властивості (не відбувається остаточної релаксації мастильного матеріалу), олива постійно знаходиться в частково структурованому стані.

Висновки:

1. Із зростанням контактної напруги σ_{max} з 251,5 до 362,7 МПа для всіх досліджуваних мастильних матеріалів встановлено підвищення ефективної в'язкості (η_{ef}) в контакті на 43% (крім SAE15w40), що також свідчить про структурування компонентів мастильного матеріалу під впливом контактної напруги. Як і в випадку рясного мащення, ступінь структурування залежить, перш за все, від фізико-хімічного складу мастильного матеріалу.
2. Встановлені різні механізми структурування граничних адсорбційних шарів мінеральних та напівсинтетичних моторних оливок: загущуючі мінеральні оливи формують метастабільні ретикулярні шари поліморфного типу, які характеризуються додатковим опором зсуву (при σ_{max} 362,7 МПа η_{ef} SAE15w40 менша на 12%, а τ аналогічно параметру напруги зсуву, встановленими для SAE10w40).
3. При підвищенні тиску зафіксовано зростання градієнту швидкості зсуву для мінеральної оливи SAE15w40; загущуючі напівсинтетичні оливи характеризуються зростанням τ за рахунок інтенсифікації структурно – полімеризаційних процесів в контакті, що забезпечує підвищення адгезійної сили взаємодії та зменшення градієнту швидкості зсуву в досліджуваному діапазоні навантаження, в середньому, на 17%.

Література

1. Дмитриченко М.Ф. Еластогідродинаміка: теорія і практика: Монографія / Дмитриченко М.Ф. – Львів: Видавництво Національного університету „Львівська політехніка”, 2000. – 224 с.: табл., іл.
2. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения / Ахматов А.С. – М.: ГИФМА, 1963. – 472 с.
3. Кламанн Д. Смазки и родственные продукты / Кламанн Д. – М.: Химия, 1988. – 466 с.
4. Міланенко О.А. Мастильна дія оливок у точковому контакті тертя в умовах рясного мащення та мастильного голодування: Дис. на здобуття наукового ступеня к.т.н.: 05.02.04 / Міланенко Олександр Анатолійович. – К.: НАУ, 2000. – 214 с.
5. Мікосянчик О.О. Оцінка триботехнічних параметрів мастильних матеріалів при граничному мащенні в умовах локального контакту: дис. канд. техн. наук: 05.02.04 / Мікосянчик Оксана Олександрівна. – Національний транспортний ун-т. – К., 2006.