

Савчук А.М.Національний транспортний університет,
м. Київ, Україна**КІНЕТИКА ЗМІНИ ХАРАКТЕРИСТИК
МАСТИЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ В УМОВАХ
НЕДОСТАТНЬОГО МАЩЕННЯ****Постановка проблеми**

Одним зі шляхів підвищення техніко - економічних показників машин і механізмів являються покращення триботехнічних параметрів пар тертя вузлів машин і, зокрема, покращення антифрикційних і протизношувальних властивостей контактних поверхонь.

Мастильні матеріали стали важливим конструктивним елементом трибомеханічних систем, що не поступаються по значенню сталям, сплавам і пластмасам. Отже, поліпшення мащення є найперспективнішим і найекономічнішим шляхом підвищення техніко - економічних показників трибомеханічних систем..

Метою роботи являлось дослідження особливостей формування мастильної плівки та зміни антифрикційних властивостей при змащуванні вузла тертя моторними оливами SAE15w40 та SAE10w40, універсальною моторно-трансмісійною оливою ЄМТ-8, трансмісійною оливою ТАД-17і і оливою для автоматичних коробок передач (АКП). Дослідження проводились при контактних напругах 251,5; 316,9; 362,7 МПа в умовах поступового збільшення сумарної швидкості кочення (від 0 до 3,5 м/с) з проковзуванням 15 %. Об'ємна температура олів складала 20 °С. Товщина мастильного матеріалу визначалась методом оптичної інтерференції.

Результати досліджень

В умовах обмеженого мащення для моторної оливи SAE15w40 з підвищенням навантаження встановлено збільшення градієнту швидкості зсуву (γ) в межах 6 % внаслідок зменшення товщини мастильного шару в контакті. Аналіз зміни градієнту швидкості зсуву підтверджує наше припущення про утворення метастабільних адсорбційних шарів мінеральною оливою: ослаблення когезійних сил взаємодії між структурованими молекулами обумовлює дезорієнтацію компонентів при збільшенні градієнту швидкості зсуву, що проявляється в зменшенні ефективності мащення в контакті (рис. 1).

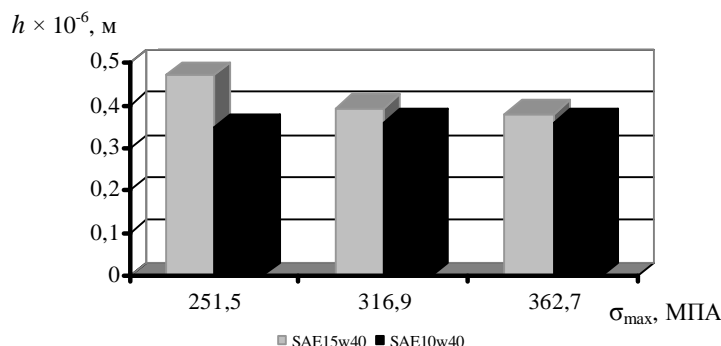


Рис. 1 – Залежність товщини мастильного шару h від контактної напруги σ_{\max} при $V_{\Sigma k} = 1$ м/с

Структуризація компонентів мастильного матеріалу обумовлює перехід олів в нев'язкий пружно - пластичний стан. За таких умов оливи набувають властивостей неньютонівських рідин, що підтверджується залежністю ефективної в'язкості від градієнту швидкості зсуву при напрацюванні (рис. 2).

Якщо встановлена тенденція щодо зменшення ефективності мащення із збільшенням тиску для мінеральних олів ТАД-17і та SAE15w40 узгоджується з класичними поглядами еластогідродинамічної теорії мащення (ЕГДТМ) [1], то зафіксоване підвищення несучої здатності для олів, які містять синтетичні поліальфаолефіни (SAE10w40, ЄМТ-8, та АКП) обумовлено чинниками, розглянутими при аналізі реологічних властивостей моторної оливи SAE10w40. Із збільшенням тиску підвищується η_{ef} в контакті, при напрацюванні, під дією градієнту швидкості зсуву відбувається деструкція PAO-8, внаслідок чого підвищуються адгезійні властивості олів до контактних поверхонь.

Згідно ЕГДТМ, характер залежності коефіцієнта тертя при коченні з проковзуванням визначається, в основному, ефективною в'язкістю мастильного матеріалу в контакті [1]. При підвищенні контактного навантаження з 251,5 до 362,7 МПа антифрикційні властивості досліджених олів змінюються за наступною схемою: для ТАД-17і встановлено зменшення коефіцієнту на 1 %, для олів АКП, SAE10w40, SAE15w40, та ЄМТ-8 – f збільшується на 1 %.

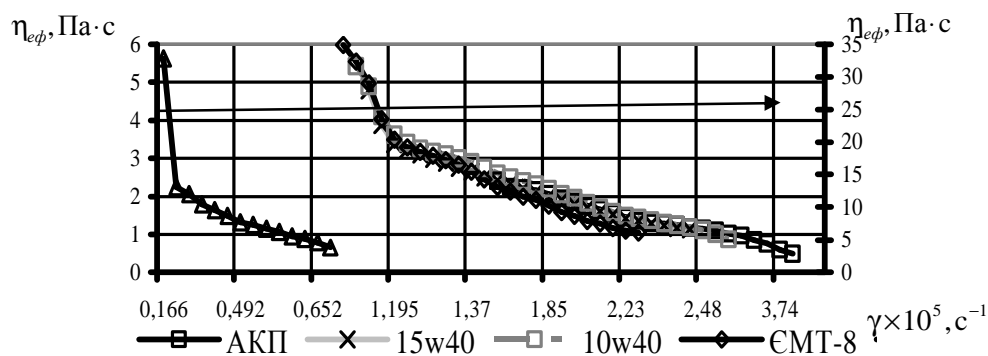


Рис.2 – Залежність ефективної в'язкості (η_{ef}) від градієнта швидкості зсуву (γ) при контактній нарузі ($\sigma_{max} = 362,7$ МПа)

Якщо для всіх мастильних матеріалів, крім ТАД-17і спостерігається кореляційна залежність коефіцієнта тертя та напруг зсуву мастильного шару, то для трансмісійної оливи підвищення антифрикційних властивостей обумовлено проявом наступного механізму. Із збільшенням контактної навантаження мінеральна трансмісійна олива характеризується найвищими значеннями напруг зсуву мастильного шару – в середньому τ збільшується на 15 - 20 %, в порівнянні, наприклад, з аналогічним параметром для моторних оливи. При цьому ефективна в'язкість в контакті в умовах експерименту підвищується, в середньому, на 85 %, в порівнянні з зазначеними оливами. Ми вважаємо, що при низьких швидкостях кочення та контактних напругах від 251,5 до 362,7МПа олива ТАД-17і характеризується найефективнішим проявом неньютонівських властивостей, а за таких умов коефіцієнт тертя перестає залежати від в'язкості та тиску. Спостерігається антифрикційний пружно - в'язкий ефект, який також був встановлений в роботі [2].

Із збільшенням швидкості кочення інтенсифікується формування товщини мастильного шару в контакті, що забезпечує локалізацію дотичних напруг зсуву в об'ємній фазі мастильного матеріалу та призводить до підвищення антифрикційних властивостей (рис. 3, рис. 4).

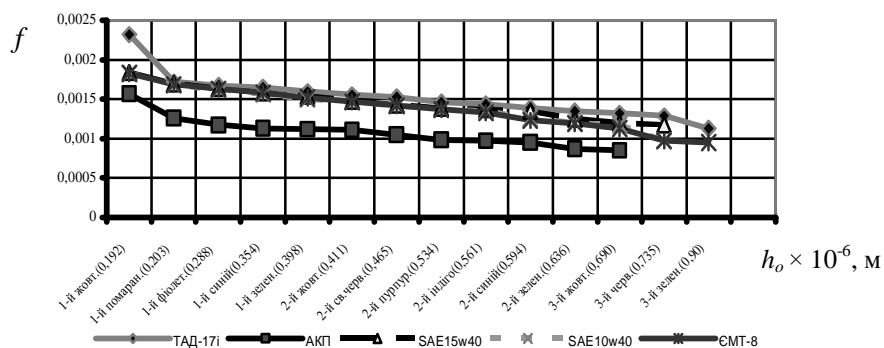


Рис. 3 – Залежність коефіцієнту тертя (f) від оптичної товщини мастильного шару h_o ($\sigma_{max} = 251,5$ МПа)

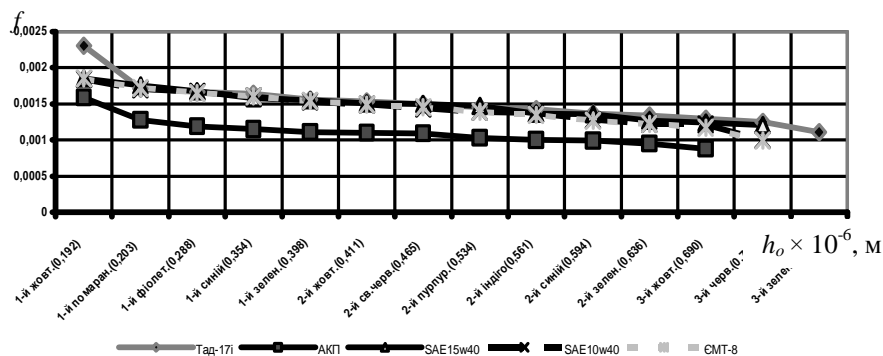


Рис.4. – Залежність коефіцієнту тертя (f) від оптичної товщини мастильного шару h_o ($\sigma_{max} = 362,7$ МПа)

Для високов'язкісної трансмісійної оливи ТАД-17і при $\sigma_{\max} = 251,5$ МПа при обмеженому мащенні формування початкової товщини мастильного шару підвищується в 2 рази, що відповідає швидкості кочення $0,0346$ м/с. Затримка в формуванні товщини мастильної плівки обумовлена, насамперед, недостатньою кількістю мастильного матеріалу в контакті (відсутністю "надлишку" оливи), що призводить до зниження ефективної в'язкості в контакті на 50 %.

Слід зазначити, що при збільшенні σ_{\max} початкова швидкість формування товщини мастильного шару в умовах рясного мащення має тенденцію до зниження, в умовах обмеженого мащення даний параметр збільшується. Запізнення в формуванні початкової товщини мастильної плівки при пуску обумовлено тим, що вже при $\sigma_{\max} = 251,5$ МПа $\eta_{\text{еф}}$ зменшується на 18 %, на 5 % менше її зростання під впливом тиску, в порівнянні з рясним мащенням (рис. 5). Олива розріджується, а зростання градієнту швидкості зсуву, в середньому в 1,2 рази, призводить до видалення граничних шарів фізичної природи із зони контакту.

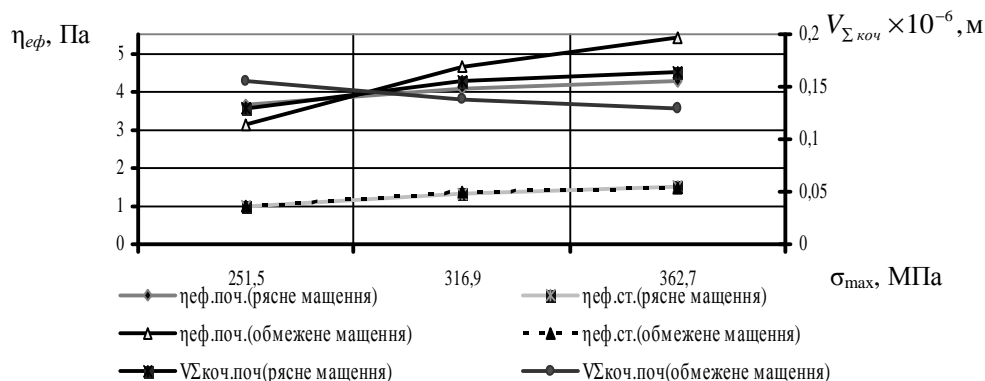


Рис. 5 – Залежність початкової $\eta_{\text{еф.пoch}}$ і сталої $\eta_{\text{еф.ст}}$ ефективної в'язкості від контактної напруги σ_{\max} для моторної оливи SAE15w40

Висновки

1. Зменшення в'язкості мастильного матеріалу обумовлює підвищення швидкості, при якій формується початкова товщина мастильного шару за рахунок зниження ймовірності "затягування оливи в контакт", що не забезпечує резерву мастильного матеріалу на вході в контакт в умовах обмеженого мащення. Однак, затримка в формуванні початкової товщини мастильного шару частково компенсується збільшенням сталої товщини за рахунок прискореної активації вуглеводневих фракцій мастильного матеріалу та зниження ймовірності повної релаксації оливи в контакті.

2. Збільшення сумарної швидкості кочення призводить до зменшення ефективної в'язкості в контакті для всіх досліджених мастильних матеріалів в середньому на 80 %, внаслідок розриву когезійних структурних зв'язків між компонентами мастильного матеріалу, які утворюються при структуризації та утворенні ретикулярних структур, внаслідок надбанням оливами неньютонівських властивостей в контакті.

3. Із збільшенням швидкості кочення інтенсифікується формування товщини мастильного шару в контакті, що забезпечує локалізацію дотичних напруг зсуву в об'ємній фазі мастильного матеріалу та призводить до підвищення антифрикційних властивостей. Найефективнішими антифрикційними властивостями характеризуються оливи, які в своєму складі містять синтетичні поліальфаолефіни.

Література

1. Антонюк Д., под ред. Попова В.С. Восстановление и повышение износостойкости и срока службы деталей машин. Запорізький національний технічний університет, 2002р. – 109 с.
2. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения / Ахматов А.С. – М.: ГИФМА, 1963. – 472 с.
3. Камерон А. Теория смазки в инженерном деле / Камерон А. – М.: Машиностроение, 1962.
4. Дмитриченко Н.Ф. Смазочные процессы в условиях нестационарного трения / Н.Ф. Дмитриченко, Р.Г. Мнацаканов. – Житомир: ЖИТИ, 2002. – 308 с.
5. Міланенко О.А. Мастильна дія оливи у точковому контакті тертя в умовах рясного мащення та мастильного голодування: Дис. на здобуття наукового ступеня к.т.н.: 05.02.04 / Міланенко О.А. – К.: НАУ, 2000. – 214 с.

Надійшла 08.11.2012