

Туриця Ю.О.

Національний транспортний університет,  
м. Київ, УкраїнаДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ  
НАВАНТАЖЕННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ  
МАЩЕННЯ ОЛИВ В КОНТАКТІ

## Аналіз досліджень і публікацій

В даний час досліджують і вивчають процеси утворення при терті під навантаженням на контактуючих поверхнях деталей машин плівок різного роду [1, 2, 3, 4]. Завдяки утворенню таких плівок може бути в значній мірі підвищена зносостійкість і, відповідно, довговічність деталей машин.

## Постановка проблеми

Для правильного застосування оливи з плівкоутворюючими властивостями необхідно ретельно досліджувати механізм утворення плівок на поверхнях тертя, їх довговічність і зношування. Відомі методи дослідження плівок, як правило, застосовувані після проведення випробовувань і розбирання досліджуваних зразків, володіють наступними недоліками. Дослідженню піддаються зразки, на поверхнях яких під навантаженням при терті відбувається процес утворення і зношування плівок, причому товщина плівок і їх характер визначаються часом і умовами роботи (навантаження, швидкість, температура і т.д.). Плівки, що утворились досліджують на зразках після закінчення випробовувань і розбирання зразків. В зв'язку з цим виникає сумнів відносно ідентичності по товщині і характеру утворення плівок, що утворились в контакті під навантаженням при терті і відповідних температурних умовах, і плівок, що залишаються на поверхні зразків після розбирання.

Все це свідчить про те, що при дослідженнях швидкоплинних процесів утворення і зношування різних плівок необхідно фіксувати плівки безпосередньо при проведенні випробовувань.

## Мета роботи

Метою досліджень є визначення механізмів плівкоутворення в локальному контакті та встановлення закономірностей зміни антифрикційних та реологічних властивостей оливи залежно від кінетики формування граничних адсорбційних шарів.

## Основна частина

Дослідження проводилися на установці СМЦ-2, в режимі пуск (4,5 с) – зупинка (3 с). Цикли слідували один за іншим, без перерви, всього циклів в експерименті  $N = 1750$ . В досліді при відносному ковзанні 15 % в якості зразків використовували ролики, виготовлені зі сталі ШХ-15, при максимальних контактних навантаженнях по Герцу 450, 570 та 680 МПа. Мастильний матеріал – олива Honda Ultra DPSF, термін експлуатації якої склав 30 тис. км пробігу, об'ємна температура оливи – 18 °С. В період пуску встановлена наступна закономірність в формуванні товщини мастильного шару залежно від навантаження: при початковому напрацюванні, що відповідає 100 циклам, в контакті, незалежно від навантаження, реалізується еластогідродинамічний режим мащення, в подальших циклах напрацювання мащення контактних поверхонь відбувається при гідродинамічному режимі мащення (рис. 1).

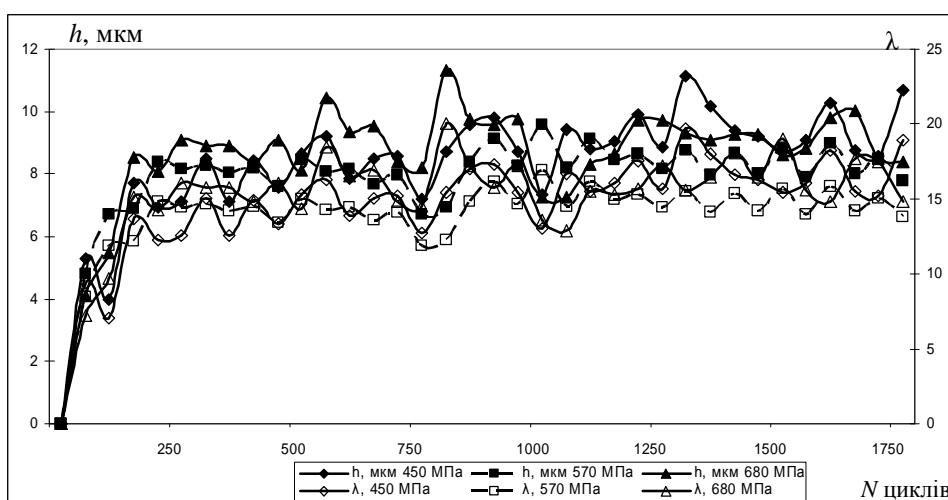


Рис. 1 – Формування товщини мастильного шару ( $h$ ) та режим мащення в контакті ( $\lambda$ ) при напрацюванні

При збільшенні контактного навантаження з 450 до 680 МПа для досліджуваної оливи встановлена наступна закономірність зміни максимальної товщини мастильного шару при пуску (рис. 2): при зростанні  $\sigma_{\max}$  до 570 МПа зменшується товщина мастильного шару на 16 %, а при підвищенні  $\sigma_{\max}$  до 680 МПа зменшення даного параметра встановлено лише на 4 %, в порівнянні з ефективністю мащення при 450 МПа.

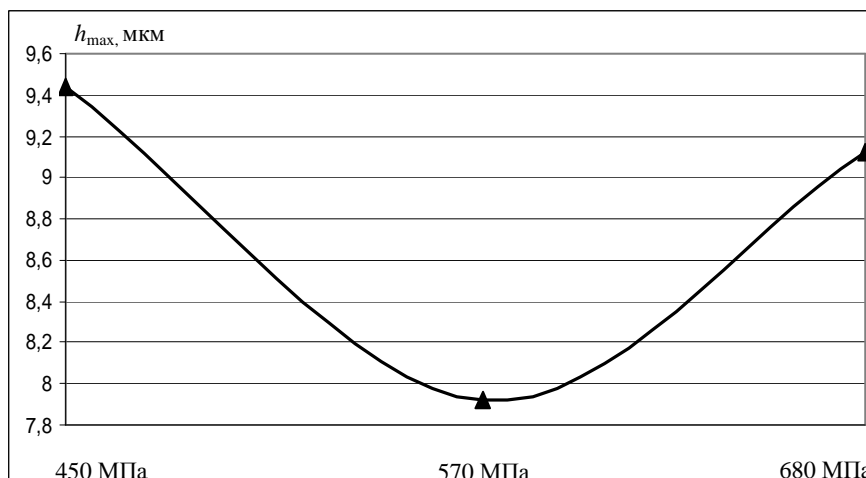


Рис. 2 – Формування максимальної товщини мастильного шару ( $h_{\max}$ ) залежно від навантаження ( $\sigma_{\max}$ )

Згідно класичним уявленням еластогідродинамічної теорії мащення, збільшення навантаження в контактї призводить до зменшення товщини мастильного шару [5], однак дана закономірність не простежується при  $\sigma_{\max}$  680 МПа.

Так як застосований нами метод ВПН в режимі НТР для визначення товщини мастильного шару дозволяє ідентифікувати природу сформованих шарів, то аналіз одержаних результатів свідчить про наступні особливості мащення в контактї: при дослідженні негідродинамічної складової товщини мастильного шару до 250 циклів напрацювання на зупинці зрив мастильного шару спостерігається при контактних навантаженнях 450, 570, 680 МПа відповідно у 30 %, 20 % та 50 % випадків, за рахунок чого відбувається металевий контакт поверхонь, метал деформується, збільшується деформаційна пластична компонента металу внаслідок чого відбувається активація поверхневих шарів металу, що призводить до окислювально-полімеризаційних процесів на поверхні металу і відбувається приріст товщини СОП при наробітці (рис. 3)

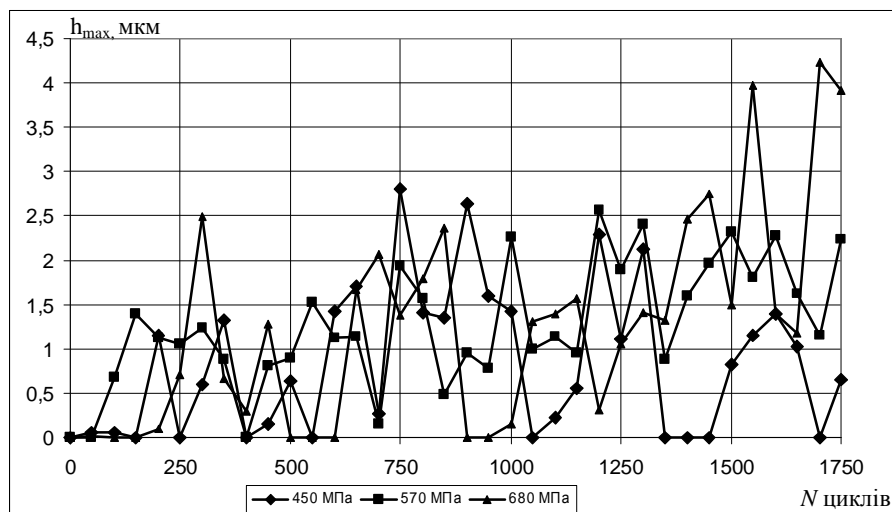


Рис. 3 – Динаміка утворення граничних адсорбційних шарів ( $h_{\text{адс}}$ ) при напрацюванні, залежно від навантаження

Тільки при 570 МПа сформовані граничні плівки характеризуються високою адаптаційною ефективністю до динамічних умов навантаження – до 1750 циклів не спостерігається зриву мастильного шару на зупинці, в той же час для  $\sigma_{\max}$  450 та 680 МПа частота стирання СОП становить відповідно 7 та 3%. Слід зазначити, що при 680 МПа періодичне стирання граничних шарів відбувається лише до 1000

циклів наробітки, надалі в контактi формується стійка адаптована плівка мастильного матеріалу, однак при 450 МПа даного ефекту не спостерігається – повне видалення сформованих граничних шарів з повторним їх оновленням відбувається до 1700 циклів.

Таким чином, приріст товщини адаптованих СОП залежно від навантаження можна представити в наступному вигляді: при збільшенні  $\sigma_{\max}$  з 450:570:680 МПа товщина граничних полімеризаційних плівок становить 1,02:1,85:2,95 мкм відповідно (рис. 4).

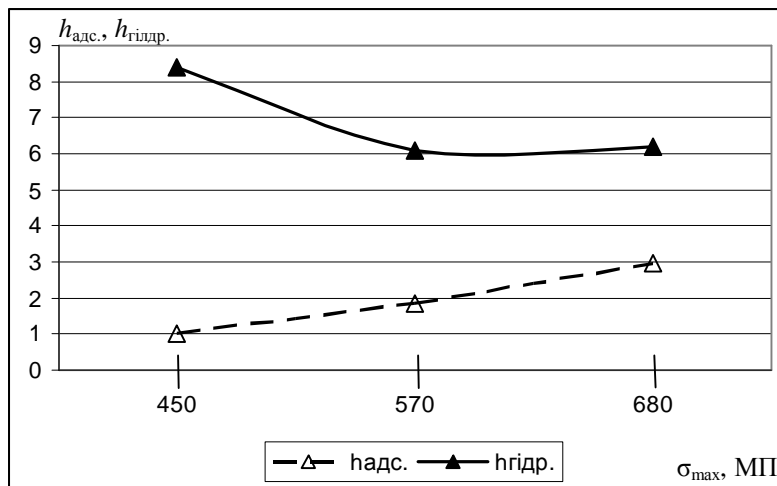


Рис. 4 – Кінетика формування гідродинамічної ( $h_{\text{гiдр.}}$ ) та негідродинамічної ( $h_{\text{адс.}}$ ) складової товщини мастильного шару

Простежується чіткий кореляційний зв'язок між ступенем пластичної деформаційної компоненти, яка підвищується зі збільшенням контактного навантаження, та інтенсивністю формування адсорбційних шарів в контактi: зростання навантаження до 570 та 680 МПа призводить до збільшення товщини СОП на 45 та 65 % відповідно, в порівнянні з товщиною плівок при 450 МПа.

Згідно зазначеному, в період стабілізації триботехнічних параметрів в контактi, що відповідає  $N \geq 1450$  циклам напрацювання, гідродинамічна складова товщини мастильного шару становить 8,42:6,07:6,17 мкм при  $\sigma_{\max}$  450:570:680 МПа відповідно. Отже, при підвищенні контактного навантаження відбувається зниження гідродинамічної товщини мастильного шару, в середньому на 27,5 %, що співпадає з класичними уявленнями гідродинамічної теорії мащення [6].

Нами встановлено, що при збільшенні навантаження до 680 МПа не спостерігається падіння гідродинамічної товщини мастильного шару, як при зростанні  $\sigma_{\max}$  до 570 МПа. Ми вважаємо, що при збільшенні навантаження вище якогось критичного значення, а в нашому випадку це  $\sigma_{\max} \geq 600 - 650$  МПа, гідродинамічні чинники, які впливають на закономірності формування мастильного шару в контактi, зазнають суттєвих змін.

### Висновки

Дослідження впливу навантаження на ефективність мащення олив в контактi дозволило встановити, що гідродинамічна плівка мастильного шару, яка утворюється в період пуску, зазнає суттєвого впливу твердої фази поверхневих шарів металу при їх активації як з підвищенням тиску, так і в процесі наробітки, що призводить до стабілізації гідродинамічної складової товщини мастильного шару в контактi при зростанні  $\sigma_{\max}$ , забезпечуючи підвищення ефективності мащення в контактi.

### Література

1. Литвинов В.Н., Михин Н.М., Мышкин Н.К. Физико-химическая механика избирательного переноса при трении. М.: Наука, 1979, 188с.
2. Любарский И.М., Палатник Л.С. Металлофизика трения. М.: Металлургия, 1976. 176с.
3. Малевский С.К., Соколов И.И. Противозадирная стойкость цементованных и нитроцементованных сталей. – Металловедение и термическая обработка металлов, 1977, №4, с.66-68.
4. Матвеевский Р.М. Температурная стойкость граничных смазочных слоев и твердых смазочных покрытий при трении металлов и сплавов. – М.: Наука, 1971. 227с.
5. Справочник по триботехнике: В 3т./ Под общ. ред. Хебты М., Чичинадзе А.В. – М.: Машиностроение, 1990. - Т.2: Смазочные материалы, техника смазки, опоры скольжения и качения. – 412 с.
6. Петрусевич А.И., Данилов В.Д., Фомичев В.Т. Исследование влияния скорости скольжения на толщину масляной пленки в контакте цилиндрических роликов // Исследования по триботехнике. – М.: НИИМаш, 1975. – С. 158-164.