

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

з навчальної дисципліни
«Паливно – мастильні матеріали»
вибіркових компонент
освітньо - професійної програми першого (бакалаврського) рівня

Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів

за темою – Пластичні та тверді мастила

Кременчук 2021

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 23.09.2021 р. № 8

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Протокол від 22.09.2021 р. № 2

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 22.09.2021 р. № 8

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної
техніки, протокол від 30. 09. 2021 р. № 1

Розробник:

1. Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної
техніки, спеціаліст вищої категорії, викладач – методист Реута А. В.

Рецензент:

1. Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної
техніки Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного
університету внутрішніх справ, кандидат хімічних, спеціаліст вищої категорії
Козловська Т.Ф.

План лекції

1. Склад пластичних мастил. Класифікація пластичних мастил.
2. Переваги та недоліки пластичних мастил у порівнянні з олівами. Основні властивості мастил. Антифрикційні, захисні й ущільнювальні мастила. Тверді мастила, їх характеристика, класифікація.
3. Переваги та недоліки твердих мастил.

Рекомендована література:

Основна література:

1. Бойченко С. В., Черняк Л. М., Новікова В. Ф. Контроль якості паливно-мастильних матеріалів : Київ : НАУ, 2012. 308 с.
2. Бойченко С. В., Іванов С. В., Бурлака В. Г. Моторні палива і масла для сучасної техніки: монографія. Київ: НАУ, 2005. 216 с.
3. Бойченко С. В., Спіркін В. Г. Вступ до хімотології палив та олів : навчальний посібник. Одеса: Астропринт, 2009. Ч.1. 236 с.
4. Бойченко С. В., Любінін Й. А., Спіркін В. Г. Вступ до хімотології палив та олів : навчальний посібник. Одеса: Астропринт, 2009. Ч.2. 276 с.
5. Полянський С.К., Коваленко В.М. Експлуатаційні матеріали для автомобілів і будівельно-дорожніх машин : підручник . Київ : Либідь, 2005. 504с.

Допоміжна література:

6. Карпинець А. П. Лекції з курсу «Використання експлуатаційних матеріалів та економія паливно-енергетичних ресурсів» : навч. посібник. Горлівка, 2014. 107 с.
7. Чабанний В. Я., Магопець С. О., Мажейка О. Й. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення: навч. посібн. Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2008. ч.1. 353 с.
8. Чабанний В. Я., Магопець С. О., Осипов І. М. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення : навч. посібн. Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2008. ч.2. 500 с.
9. Сизова З.О. Конспект лекцій з дисципліни «Хімотологія» : навч. посібн. Харків, 2013. 83 с.
10. ГСТУ 320.00149943.007-97. Паливо для реактивних двигунів «РТ». [Чинний від 1997-06-15]. Держнафтогазпром України, 1997. 19 с. (Галузевий стандарт України).
11. ГСТУ 320.00149943.011-99. Паливо ТС-1 для реактивних двигунів. [Чинний від 1999-07-01]. Держнафтогазпром України, 1999. 27 с. (Галузевий стандарт України).
12. ДСТУ 4796:2007. Паливо авіаційне для газотурбінних двигунів

ДЖЕТ А-1. [Чинний від 2007-10 -01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 8 с. (Національний стандарт України).

13. ДСТУ 7687:2015. Бензини автомобільні євро. Технічні умови. [Чинний від 2016-01 -01]. Київ : УкрНДНЦ, 2015. 15 с. (Національний стандарт України).

14. ДСТУ 7688:2015. Паливо дизельне євро. Технічні умови. [Чинний від 2016-01 -01]. Київ : УкрНДНЦ, 2015. 15 с. (Національний стандарт України).

15. Інструкція про порядок приймання, транспортування, зберігання, відпуску та обліку нафти і нафтопродуктів на підприємствах і в організаціях України. 2008 р.

Текст лекції

1. Склад пластичних мастил. Класифікація пластичних мастил.

Пластичні мастильні матеріали належать до особливої групи мастильних матеріалів. Вони являють собою складні колоїдні системи, які представляють собою високоструктуровані тиксотропні дисперсії твердих загустювачів в рідкому середовищі.

Відрізняючою особливістю мастил від масел – це існування межі міцності у пластичних матеріалів, залежність їх в'язкості від температури та швидкості деформації або зсуву, оберненість процесу руйнування структурного каркасу. Це робить їх іноді єдиним, незамінним мастильним матеріалом в окремих вузлах тертя.

Перевага мастил перед маслами являється у здатності утримуватись в негерметизованих вузлах тертя, кращі мастильні якості, більш високі захисні якості, висока економічність використання. Мастила використовуються там, де не має змоги використовувати рідкі масла. Недолік мастил - це погана охолоджуюча здатність деталей тертя, відсутність виносу продуктів зносу із зони тертя, складність подачі до вузла тертя та деякі інші.

Пластичні мастила за властивостями займають проміжне положення між твердими мастильними матеріалами та рідкими маслами. В найпростішому випадку будь яке пластичне мастило складається з двох складників: масляної основи (мінерального, синтетичного, рослинного або іншого масла) та твердого загусника (мильного або немильного). Сучасні мастила звичайно містять стабілізатор структури і присадки, нерідко ще різноманітні наповнювачі (графіт, дисульфід молібдену, порошкоподібні метали або їх оксиди та ін.). Загусник утворює твердий структурний каркас, усередині якого міститься – масло. Тому такі мастила називаються структурованими

системами. Мاستила, до складу яких входять м'які метали або їх оксиди називаються плакучими, наприклад, ЛСЦ-15(з оксидом цинку). Від роду загусника залежать основні властивості мастил: межа міцності, вологостійкості та ін. Низькотемпературні властивості мастил забезпечуються головним чином масляною основою.

Частинки загусника, які створюють структурний каркас, мають дуже малі розміри (0,1...1,0 мкм та більше) та форму ниток, маленьких кульок, стрічок, голок, відростків кристалів і т.д. Чим більша анізотропія (відношення довжини та ширини) частинок загусника, тим більш міцну структуру вони утворюють. В мастилах вміст загусника складає 10...20%. Більш поширеними загусниками являються металічні мила високомолекулярних кислот або металічні мила природних жирів. Це так звані мильні мاستила.

Далеко не всі мила можуть служити в якості загусника мастил. Існують вуглеводні, бентитові, селикагелеєві мاستила та ін. В них загусниками являються тверді вуглеводні та неорганічні речовини. Це так звані немильні мастила.

На формування структурного каркаса впливають тип та концентрація загусника, склад та властивості дисперсного середовища, вміст ПАВ, технологія виготовлення мастила. Висока степінь структурування дисперсної фази дає мастилам твердоподібний стан та пластичність. При відсутності навантаження мастила ведуть себе подібно твердим тілам. Під дією дуже малих навантажень структурний каркас руйнується, мастило набуває в'язкотекучий рідкий стан. Важливою особливістю є зворотність процесу руйнування структурного каркаса. При знятті навантаження мастило знову придбає властивість твердого тіла. Властивість відновлення структури каркаса при знятті навантаження в період відпочинку мастила називається явищем *тиксотронії*. Тиксотропне перетворення мастила із пластичного стану у в'язкотекучий і зворотнє забезпечує перевагу застосування мастил перед рідкими і твердими мастильними матеріалами.

Процес виробництва складний і складається із наступних стадій: підготовки сировини підготовки загусника термомеханічного диспергування загусника (варення мастила), охолодження розплаву оздоблювальних процесів приготування загусника являє собою однією із основних операцій виробництва мильних мастил. Ця стадія вимагає старанного дозування компонентів та суворої послідовності їх завантаження. Приготування мила – хімічний процес, який може продовжуватися дуже довго – до 30 г. На стадії охолодження розплаву загусника в маслі формується структурний каркас мастила. Розміри та форми частинок загусника залежить від умов

кристалізації, початкової температури охолодження та швидкості охолодження, гомогенізації (механічної обробки), фільтрування, Деаерація (видалення повітря), відноситься до оздоблювальних робіт і потрібна для отримання однорідних і тиксотропних мастил, тобто здатних при кожному їх руйнуванні багаторазово відновлюватися. Всі оздоблювальні операції для одного мастила використовуються рідко. Розфасовка мастил здійснюється в тару місткістю від 30 г (тюбик) до 200 кг (бочка).

Пластичні мастила представляють собою мазеподібні продукти частіше від світло-жовтого до темно-коричневого кольору, іноді чорні (графітні) або кольорові (№158 – синя). Вони повинні бути однорідними по складу, без комків, абразивних домішок та води, мати високу стабільність, тобто не розшаровуватися на складники. Якщо при зберіганні виникло розшаровування, то необхідно злити масло яке відокремилось, зняти верхній шар мастила який окислився і використовувати тільки залишену частину.

Кількість виготовлених мастил відносно невелика – приблизно 5% від виготовлення всіх мастильних матеріалів. Об'єм та споживання мастил, темпи їх виробництва за останні роки стабілізувалися на одному рівні, не дивлячись на стрімкий ріст кількості транспортних засобів, сільськогосподарських машин верстатного обладнання та інших видів техніки. Більш того, в останні роки намічається тенденція до зменшення виробництва мастил. Це пояснюється покращенням їх якості, виробництвом та використанням довгопрацюючих та “вічних мастил”. До таких мастил відносяться, перед усім багато цільові високоефективні литтєві та комплексні кальцієві мастила. Використання високоякісних мастил у замкнутих вузлах тертя автомобілів в 5...10 раз збільшує пробіг без заміни мастила. Ефективність використання залежить не тільки від вірного вибору сорту мастила та і від високої культури використання мастила та зразкової організації мастильного господарства.

2. Переваги та недоліки пластичних мастил у порівнянні з олівами. Основні властивості мастил. Антифрикційні, захисні й ущільнювальні мастила. Тверді мастила, їх характеристика, класифікація.

Мастильні матеріали незалежні від умов використання і призначення повинні задовольняти наступним вимогам:

- надійно виконати свої функції (перед усім зменшувати тертя і знос) в широкому діапазоні температур, навантажень, швидкостей переміщення;
- в мінімальній степені змінювати властивості при зовнішніх діях в умовах зберігання та використання;
- робити мінімальні дії на контактуючі з ними матеріали;

- мати хороші екологічні властивості (мінімальне діяння на зовнішнє середовище, пожежо- та вибуху безпечність, здатність до багатократної регенерації та ін.)

Ефективність роботи мастильного матеріалу визначається також конструктивними особливостями вузла тертя (типом, розміром, характером, руху поверхонь тертя тощо).

Методи оцінки основних показників та властивостей пластичних матеріалів

При підборі мастил необхідно враховувати їх експлуатаційні властивості. До найбільш важливих властивостей відносяться: межа міцності, в'язкість, механічна стабільність – тиксотропні властивості, тобто властивості, які характеризують структурно-механічні (реологічні) властивості мастил; стабільність мастил (термічна, колоїдна, хімічна, радіаційна, випаровування); стійкість до зовнішніх впливів.

Межа міцності. Для кожного мастила існує визначене критичне навантаження, перевищення якого порушує пропорційність між навантаженням та деформацією, після чого мастило починає вести себе як рідина. Таке критичне навантаження, або напруга зсуву, називається межею міцності, яка виражається в $\text{Па}\cdot\text{с}$ ($\text{г}/\text{см}^2$). Для мастил при температурі $20\ldots 120\text{ }^\circ\text{C}$ вона дорівнює $100\ldots 500\text{ Па}\cdot\text{с}$ ($0,5\ldots 20,0\text{ г}/\text{см}^2$).

Межа міцності є важливою експлуатаційною властивістю мастила. Межу міцності визначають на зсув за допомогою пластомера К-2 (ГОСТ 7143-73). Метод заснований на визначенні тиску, під дією якого при заданій температурі відбувається зсув мастила у капілярі пластомера. Найбільший вплив на механічну міцність створює температура, з підвищенням якої звичайно відбувається інтенсивне руйнування мастил. Найбільш важлива властивість мастил є їх здатність відновлювати міцність, тому, що при значному її зменшенні мастила витікають з вузлів тертя. Відновлювання міцності мастил після зняття деформації пояснюється взаємодією частинок загусника та створенням нового структурного каркаса. Мастила, у яких заміщення протікає повільно, мають низькі механічні властивості.

Значення межі міцності мастила залежать від загусника, розміру його частинок та концентрації. На межу міцності значно впливає спосіб виготовлення мастила, особливо режим охолодження мастил (мильних) та гомогенізація.

Мастила з малими значеннями межі міцності викидаються з рухомих деталей, стікають з вертикальних поверхонь, погано тримаються в негерметичних вузлах тертя. При робочих температурах мінімальна межа

міцності повинна бути не менше $1...2 \text{ г/см}^2$. Дуже велика межа міцності також небажана, тому що таке мастило погано поступає до поверхонь тертя. Межа міцності при 20°C не повинна перевищувати $15...20 \text{ г/см}^2$. Межу міцності мастил визначають за ГОСТ 7143-73 на пластометрах.

Ефективна в'язкість. В'язкість мастил є змінною величиною, яка залежить від температури та швидкості деформації. В'язкість мастила тим менша, чим більша швидкість деформації та температура.

Після руйнування структурного каркаса мастило починає текти, подібно рідині. Чим більша швидкість деформації (при постійній температурі), тим швидше зменшується в'язкість мастила, тим легше воно тече. Швидкість деформації (D) вимірюється в с^{-1} . Частіше всього в'язкість мастила визначається при швидкості деформації 10 с^{-1} . Так як в'язкість мастила залежить від швидкості руйнування структурного каркаса, введено поняття "ефективної в'язкості". Під ним розуміють в'язкість н'ютонівської рідини, яка при даному режимі течії чине той же опір зсуву, що і мастило.

В'язкість мастила також як і межа міцності, залежить від роду загусника, його концентрації, розміру частинок, технології приготування та інших параметрів. Від в'язкості залежить прокачуваність мастил, витрати енергії на відносне переміщення змащуваних деталей, особливо у пусковий період. З двох мастил більш якісною вважається та, у якій при однакових значеннях межі міцності менша в'язкість. В'язкість мастил при мінімальних температурах не повинна перевищувати $150...200 \text{ Па}\cdot\text{с}$ при швидкості деформації 10 с^{-1} .

Ефективну в'язкість визначають на автоматичних віскозиметрах за ГОСТ 7163-84.

Механічна стабільність. При роботі мастила постійно підлягають механічній дії, в результаті чого руйнується їх структурний каркас. Здатність мастил протидіяти руйнуванню називається механічною стабільністю. Здатність мастил самовільно відновлювати структуру каркаса в період спокою називається явищем тиксотропії.

Механічна стабільність та тиксотропія мастил – важливі показники, особливо для підшипників ковзання, шарнірів, плоских опор тощо, так як в них мастила в період роботи безперервно підлягають деформації. Тиксотропні властивості мастил суттєво залежать від типу, концентрації загусника, хімічного складу мастила, температури, інтенсивності механічної дії і інших факторів.

При тиксотропних перетвореннях мастил показники якості не повинні змінюватись, в першу чергу це відноситься до їх механічних властивостей. Але не всі мастила володіють такими можливостями. В деяких мастилах межа

міцності і в'язкості встановлюються меншими початкових значень, а в деяких, навпаки, межа міцності і в'язкості набувають більш високих значень у порівнянні з першопочатковими. В таких випадках механічні нестабільні мастила або виливаються із вузлів тертя, або погано надходять до працюючих поверхонь, а сильно затверділі мастила взагалі не потрапляють до поверхонь тертя.

Механічні нестабільні мастила застосовувати недоцільно. Механічну стабільність, тексотропні властивості мастил виявляють на тиксометрах за межею цілності на розрив, індексом руйнування і тексотропного відновлення згідно ГОСТ 19295-73.

Термічна стабільність і термозміцнення. Під термічною стабільністю розуміють здатність мастил зберігати свої експлуатаційні властивості без змін при зростанні температур. Властивості більшості мастил при нагріванні їх на 50...100°C більше температури плавлення із послідовним охолодженням практично не змінюється. Але деякі мастила після нагріву і послідовного охолодження ущільнюються, в них сильно збільшується межа міцності і в'язкості, аж до втрати гнучкості. Термозміцнення погано відображається на експлуатаційних якостях мастил, оскільки при термокеруванні мастила не поступають до працюючих поверхонь у зв'язку з великими значеннями межі міцності і в'язкості. Інколи межа збільшується до 1,96 Н/см². В результаті (не дивлячись на достатню кількість мастила в підшипнику) саме поверхні тертя залишаються сухими. Це веде до тимчасового виходу вузла тертя з ладу.

Термозміцнення і механічна стабільність взаємопов'язані.

До термозміцнюючих мастил відносяться, наприклад: натрієві, кальцієво-натрієві (ЯНЗ-2, 1-13, 1-13с). Термозміцнення виявляють, вимірюючи межу міцності мастил до і після ви-тримки при підвищених температурах за ГОСТ 7143-73. Зібраний прилад вставляють в лазню. Спостерігають за станом мастила в ковпаку. Температура при якій падає перша крапля мастила через спеціальний отвір ковпачка, називається температурою краплепадіння.

Температура краплепадіння. Температура падіння першої краплі мастила при нагріванні у визначених умовах (за ГОСТ 6793-74) називається температурою краплепадіння. За температурою краплепадіння судять про верхню температурну межу працездатності мастила. Працездатна температура повинна бути на 10...20 °C нижче температури краплепадіння. Для багатьох мастил визначити робочу температуру за температурою краплепадіння не рекомендується. Наприклад, температура краплепадіння литтєвих мастил звичайно лежить в інтервалі 180...200 °C, верхня температурна межа не

більше 130 °С. Деякі гідротировані кальцієві мастила мають температуру краплепадіння, до 100 °С і декілька вище. Тим більше робочі температури цих мастил не повинні перевищувати 65...75°С. Більшість немильних мастил, особливо високотемпературних, взагалі не мають температури краплепадіння. За температурою краплепадіння можливо визначити робочу температуру вуглеводних мастил. Для визначення температури краплевиділення використовують спеціальний пристрій - прилад (термометр) для визначення температури краплепадіння пластичних мастил.

Пристрій працює наступним чином. На ртутну кульку термометра надягають скляний ковпачок з дослідженим мастилом. Термометр з ковпачком і мастилом вставляють у скляну пробірку. В ній термометр тримається корковою пробкою.

Колоїдна стабільність характеризує можливість дисперсної середина (масла) виділятися з мастила при зберіганні та експлуатації. Виділення масла з мастила збільшується при збільшенні температури і тиску. Дуже сильно на виділення масла з мастила впливає прикладання до нього одностороннього тиску, наприклад, при дії на мастило відцентрових сил та тисків.

З підвищенням температури колоїдна стабільність погіршується внаслідок зменшення в'язкості дисперсного середовища. Якісні мастила повинні виділяти найбільшу кількість масла при випробовуванні визначених стандартних вимог.

Надмірно стабільні ("сухі") мастила погано змащують вузли тертя. Особливо важливо виділення деякої кількості масла з мастила для запобігання підвищеного зносу наприклад, в момент зрушення автомобіля з місця, тобто у стартові періоди. Виділення масла, проявлення слою масла на поверхні мастила при зберіганні (явище синерезиса) свідчить про "старіння" мастила, погіршення експлуатаційних якостей. Такі мастила не придатні до експлуатації. Колоїдну стабільність мастил визначають за ГОСТ 7142-74.

Хімічна стабільність. Під хімічною стабільністю мастил розуміють їх стійкість проти окислення при зберіганні та експлуатації. Окислення мастил знижує їх антикорозійні властивості, а також викликає їх розміцнення, погіршення колоїдної стабільності, мастильної та захисної можливості. При підвищенні температури окислення мастил прискорюється. На хімічну стабільність мастил впливає рід загусника та якість дисперсного середовища. Більшість неорганічних та органічних мастил переважають за хімічною стабільністю (мильні мастила). В мильних

мастилах окисленню піддаються масло та загусник. Мила деяких металів є сильними каталізаторами окислення, наприклад, свинцеві. Неможливо отримати хімічно стабільні мастила із масел з низькою хімічною стабільністю без добавки високоефективних антиокисних присадок. Хімічна стабільність дуже важлива для довгопрацюючих та “вічних” мастил, які заправляються в вузли тертя 1...2 рази на протязі 10...15 років або один раз за весь період експлуатації, а також мастил, працюючих при температурах 100 °С. Мастила з низькою хімічною стабільністю мають невеликий строк експлуатації, вимагають частої заміни, що веде до їх перевитрати. Поява твердої корки на поверхні мастила при зберіганні свідчить про глибоке окислення мастила. Таке мастило не придатне до використання.

3. Переваги та недоліки твердих мастил.

Сучасні мастила виготовляють з високоякісних масел та хімічно стійких загусників з добавкою антиокисних присадок, дезактиваторів металів. Корозійність мастил визначають за ГОСТ 9.080-77, а стабільність мастил проти окислення – за ГОСТ 5734-76.

Водостійкість передусім важлива для мастил працюючих в негерметичних вузлах тертя або контактуючих з водою. Мастила не повинні змиватися водою або змінювати свої властивості при попаданні в них вологи. При оцінюванні вологостійкості приймається до уваги гігроскопічність мастил. Обводнені мастила втрачають свої якості. Вологостійкість мастил залежить, головним чином, від роду загусника. Основна маса мастил вологостійка. Недостатню вологостійкість мають комплексні кальцієві мастила, не дивлячись на те, що вони не розчинні у воді. Низькою вологостійкістю в комплексних мастилах володіють кальцієві мила низькомолекулярних органічних кислот, які є стабілізаторами структури. Тому в склад комплексних кальцієвих мастил, працюючих в умовах високої відносної вологості повітря, необхідно вводити гірофобізуючі присадки. Підвищеною вологостійкістю повинні володіти консерваційні – захисні мастила. Високу вологостійкість мають літієві мастила.

Пенетрація характеризує густину мастила. Показник чисто емпіричний, він не має практичного значення. Число пенетрації виражає глибину занурення стандартного конуса в мастило на протязі 5 с при 25 °С. Чим м'ягше мастило, тим глибше занурення конуса в мастило. Згідно ГОСТ 23258-78 в найменуванні мастила входить індекс класу консистенції: 00, 0,1...7,0. Самі м'яккі мастила мають індекс класу консистенції “00”, самі тверді –

“7,0”. Пенетрацію визначають за ГОСТ 5346-78. За значенням пенетрації, тобто за всією консистенцією, мастила мають 9 індексів класу консистенції.