

В'язкість змащувально-охолоджуючих рідин в процесах різання. Визначення за допомогою віскозиметрів SVM 3001 та SVM 4001

Актуально для: цехів промислового виробництва, виробничих цехів, досліджень і розробок змащувально-охолоджуючих рідин, контролю якості у виробництві змащувально-охолоджуючих рідин

Рідина для металообробки є важливою частиною виробничих процесів. В'язкість впливає на експлуатаційну якість рідини і якість кінцевого продукту виробництва. SVM - це швидке і точне рішення для вимірювання в'язкості і густини – важливих параметрів якості



Рисунок 1. Змащувально-охолоджувальна рідина - необхідність для отримання ідеальної якості поверхні

1 Вступ

Рідина для металообробки являють собою складні суміші базових мастил і присадок, ретельно відібраних і змішаних для забезпечення оптимальної продуктивності для конкретного застосування. Існують різні типи таких рідин: чисті масла, суміші з водою та маслами (емульсії, напівсинтетичні масла) і синтетичні масла.

Рідина для металообробки в процесах різання

Водні суміші є однією з основних груп, які використовуються в процесах різання, таких як свердління, фрезерування або токарна обробка, в той час як масла часто використовуються для шліфування, хонінгування або нарізування різьблення. Їх основна функція - змащувати і охолоджувати зону контакту між верстатом і оброблюваною деталлю. Залежно від комбінації оброблюваної деталі та інструменту, а також від швидкості різання потрібні рідини різного складу. Якість чистих масел і масляного концентрату оцінюється за в'язкістю та густиною, а також температурою застигання, температурою спалаху та іншими параметрами. При змішуванні концентратів з водою правильні пропорції розведення можна перевірити за допомогою рефрактометра.

2 Чому в'язкість є важливою?

В'язкість значно впливає на властивості змащувально-охолоджувальної рідини. Більша в'язкість покращує змащувальні властивості рідини, але знижує ефективність охолодження. Менша в'язкість забезпечує кращу ефективність охолодження і полегшує видалення твердих частинок. З іншого боку, це може привести до відсутності мастила між кромкою інструмента і оброблюваною деталлю, особливо при більших швидкостях виробництва, що може викликати погану якість поверхні і підвищений знос інструменту. Таким чином, в'язкість впливає на швидкість, з якою рідина заповнює зону контакту між ріжучим інструментом і оброблюваною деталлю, і на товщину плівки рідини. Вимірювання в'язкості допомагає знайти баланс між максимально можливою швидкістю роботи верстата і найкращою якістю поверхні оброблюваної деталі.

В'язкість змащувально-охолоджуючих рідин зазвичай вказується і вимірюється при 40 °C. Деякі виробники додатково тестують масло при 100 °C і вказують індекс в'язкості. Інші ж тестують кінематичну в'язкість при 100 °F (37,78 °C) або стан в'язкості за Сейболтом при 100 °F (і 210 °F). Густина вказується при 15 °C або 20 °C.

Досліджувані зразки

Було протестовано два різних мастила:

Назва зразка	Тип зразка
Jokisch Monos Atos N3S (масло для різання S91)	Змащувально-охолоджуюче масло без мінеральних олів
Castrol Honilo 980	Змащувально-охолоджуюча рідина на вуглеводневій основі, нерозчинна у воді

3 Який інструмент використовувався?

Зразки досліджувались віскозиметром SVM 3001. Цей прилад служить для вимірювання в'язкості згідно зі стандартом ASTM D7042 і одночасного вимірювання густини згідно зі стандартом ASTM D4052 (ISO 12185). Крім того, прилад може визначати градуси API, в'язкість за Сайболтом та багато інших параметрів. SVM 3001 також забезпечує сканування температури та часу для перевірки в'язкості при різних температурах або її зміну з часом.

Якщо потрібно визначити індекс в'язкості відповідно до ASTM D2270, Вам підійде SVM 4001. Він має дві вимірювальні комірки для одночасного вимірювання при двох різних температурах з повторним визначенням.

SVM 2001 може використовуватися для контролю якості кінематичної в'язкості тільки при одній температурі без градусів API.

SVM може тестувати всі сорти і типи змащувально-охолоджуючих рідин з ньютонівськими властивостями.

4 Вимірювання змащувально-охолоджуючих рідин

4.1 Налаштування

Для вимірювання відповідно ASTM D7042:

- Метод: Стандартний
- Клас точності: Точно
- Кількість повторних вимірювань: 5
- RDV ліміт: 0.10%
- RDD ліміт: 0.0002 г/см³
- Автоматичне попереднє змочування: так

4.2 Калібрування

Використовуйте тільки відкалібрований інструмент. Калібрування повинне проводитися періодично з використанням сертифікованих еталонних стандартів. Згідно з ASTM D7042, еталонні стандарти повинні бути сертифіковані лабораторією, яка відповідає вимогам ISO/IEC 17025 або відповідним національним стандартом. Стандарти в'язкості мають бути в діапазоні вимірювання в'язкості приладу. Невизначеність для стандартів густини не повинна перевищувати 0,0001 г/см³ для кожного сертифікованого значення. Слід зазначити невизначеність ($k = 2$; рівень достовірності 95%). Використовуйте один або кілька стандартів в діапазоні в'язкості досліджуваних зразків масла. При необхідності застосуйте калібрувальну корекцію для поліпшення відтворюваності. Щоб виконати калібрування і застосувати корекцію, див. інструкцію SVM X001.

4.3 Підготовка зразків

Якщо зразок, який досліджується, не є щойно узятим з виробничої лінії або іншого резервуара, гомогенізація зразка може поліпшити відтворюваність вимірювань. Для деяких зразків може знадобитися дегазація. Зверніться до інструкції SVM X001.

4.4 Заповнення

Рекомендується використовувати одноразові пластикові шприци об'ємом 5 мл. Ніколи не використовуйте шприци з гумовими ущільнювачами, оскільки гума є хімічно не стійкою до більшості мастил. Крім того ці шприци мають тенденцію всмоктувати бульбашки. Для SVM 4001 використовуйте шприц на 10 мл.

Переконайтеся, що система (вимірювальна комірка та шланги) є герметичною, чистою та сухою.

Введіть близько 1,5 мл в якості першого заповнення. Після попереднього змочування введіть додатково 1 мл або до тих пір, поки шлангом для відпрацьованого зразка не потече зразок без бульбашок. Типовий об'єм для отримання гарних результатів для SVM 3001 становить від 4 до 5 мл. Об'єм може варіюватися в залежності від зразка.

4.5 Очищення

4.5.1 Розчинник

Для очищення досліджуваних рідин підходить нафтовий бензин 100/140 (аліфатичний вуглеводневий розчинник, суміш в основному C7, C8, C9 н-алканів з температурою кипіння від 100 °C до 140 °C (212 °F - 284 °F, відповідно).

Залежно від хімічного складу змащувально-охолоджуючих рідин, можуть знадобитися й інші розчинники. Для розчинення деяких рідин може знадобитися ароматичний розчинник, оскільки вони не повністю розчиняються в бензині. У цьому випадку використовуйте толуол або ксилол в якості розчинника для промивання та аліфатичний вуглеводневий розчинник (наприклад, н-гептан) для очищення.

Деяким зразкам може знадобитися розчинник, який містить алкогольний компонент. В цьому випадку підійде суміш толуолу та ізопропілового спирту.

Типова кількість розчинника становить від 6 до 8 мл на одне вимірювання.

Детальніше див. інструкцію SVM X001.

4.5.2 Процедура очищення

- Натисніть кнопку очищення на моніторі, щоб відкрити екран очищення. Поглядайте на нього під час процедури очищення, щоб мати інформацію про чистоту SVM.
- Видаліть зразок з комірки (проштовхніть його шприцом заповненим повітрям).
- Введіть приблизно 2 мл розчинника за допомогою шприца і залиште шприц підключеним.
- Для липких або високов'язких мастил: натисніть кнопку увімкнення двигуна, щоб підвищити ефективність очищення у вимірювальній комірці в'язкості. Екран очищення показує змішування розчинника та залишку зразка шляхом зміни в'язкості. Значення густини показує, чи правильно комірка заповнена розчинником. Зупиніть двигун.
- Порухайте поршень шприца кілька разів назад і вперед, щоб підвищити ефективність очищення в комірці.
- Продуйте повітря через комірку протягом декількох секунд, щоб видалити суміш зразок-розчинник.
- Повторюйте процедуру при увімкненому двигуні до тих пір, поки рідина, що витікає, не досягне в'язкості розчинника.
- Виконайте остаточну промивку розчинником для очищення, щоб видалити залишки.
- Поглядайте на екран очищення. Сушіть вимірювальну комірку, поки значення очищення на екрані не стане стабільно зеленим.

Детальніше див. інструкцію SVM X001.

5 Результати вимірювання

У цьому звіті порівнюються результати, виміряні на SVM 3001 (згідно зі стандартом ASTM D7042) з типовими значеннями з технічних паспортів змащувально-охолоджуючих рідин. Результати SVM 3001 є середніми значеннями, отриманими з серії (n = 12) повторних вимірів (між вимірюваннями проводилось очищення).

Не існує конкретних стандартів для змащувально-охолоджуючих рідин. Характеристики в'язкості індустриальних мастил більш-менш пов'язані з ISO 3448, який встановлює люфт $\pm 10\%$ від зазначеної кінематичної в'язкості при 40 °C. Стандарти виробника (ОЕМ-стандарти) можуть встановлювати більш суворі обмеження.

ASTM D 7042 (як і ASTM D445) не містять ніяких даних про точність і відхилення від стандарту змащувально-охолоджуючих рідин.

В'язкість при 40 °C

Зразок	Вимір. кін. в'яз. [мм ² /с;сСт]	Типова кін. в'яз. [мм ² /с;сСт]	Відхилення [%]	Відповідність ISO 3448
N3S (S91)	31.75	30	5.83	ОК
Honilo 980	4.281	4.5	-4.87	ОК

Таблиця 1: Порівняння вимірної кінематичної в'язкості з типовою

Данні по точності вимірювання в'язкості:

Зразок	Стандартне відхилення [%]	Відтворюваність (r, 2σ) [%]
N3S (S91)	0.07	0.14
Honilo 980	0.02	0.04

Таблиця 2: Стандартне відхилення і відтворюваність проведених вимірювань

Густина

Густина при 40 °C

Зразок	Густина [g/cm ³]	Стандартне відхилення [g/cm ³]	Відтворюваність (r, 2σ) [g/cm ³]
N3S (S91)	0.9060	0.00005	0.00009
Honilo 980	0.8083	0.00003	0.00005

Таблиця 3: Виміряні значення та їх точність для густини

Масло N3S (S91) - густина при 20 °API

Виміряна густина API [г/см ³]	Типове значення (за паспортом) [г/см ³]	Відхилення [г/см ³]
0.9187	0.9	0.0187

Таблиця 4: Jokisch N3S (S91) – густина, виміряна в градусах API

Масло Honilo 980 - густина при 15 °API

Виміряна густина API [г/см ³]	Типове значення (за паспортом) [г/см ³]	Відхилення [г/см ³]
824.11	824	0.11

Таблиця 5: Castrol Honilo 980 – густина, виміряна в градусах API

6 Підсумки

SVM 3001 ідеально підходить для визначення в'язкості змащувально-охолоджуючих рідин за умови, що всі виконуються усі вимоги, які викладено у розділі 4 «Вимірювання змащувально-охолоджуючих рідин» виконані.



Рисунок 2: Віскозиметри SVM 3001 та SVM 4001

7 Література

1. Anton Paar Application Report: "Viscosity of lube oils" (Doc. No. D89IA007EN)
2. ASTM D7042
3. EN ISO 3104: Petroleum products - Transparent and opaque liquids - Determination of kinematic viscosity and calculation of dynamic viscosity
4. ASTM D445: Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and the Calculation of Dynamic Viscosity)
5. ISO 3448: Industrial liquid lubricants – ISO viscosity classification

**Наші контакти: 03028 Україна, м. Київ,
вул. Стратегічне шосе 16**

Сайт: <http://dlu.com.ua>

e-mail: sale@dlu.com.ua

Телефон: +38 (044) 229-15-31

Факс: +38 (044) 229-15-30



Додаток

Додаток А. Інформація про змащувально-охолоджуючі рідини

Різання - це процес металообробки шляхом видаленням стружки з використанням інструментів для формування деталі. Основні види це, наприклад, токарна обробка, свердління, фрезерування, шліфування або хонінгування.

Типи рідин

Для різання можуть використовуватись:

- Чисті масла, це можуть бути мінеральні, синтетичні, рослинні або тваринні масла. Вони забезпечують дуже хороші змащувальні властивості, але не призначені для високих швидкостей обробки. Вони складаються в основному з базового масла та присадок.
- Емульсії, що представляють собою розчинні масла, змішані з водою та іншими добавками, такими як антикорозійні засоби, поверхнево-активні речовини, регулятори рН, засоби захисту від зносу і біоциди. Такі емульсії містять низький відсоток концентрату, основним компонентом є вода. Вони мають менші змащувальні властивості і їх основна задача – відбирати тепло. Вони підходять для високих швидкостей обробки, коли потрібно щоб робоча зона була залита рідиною.
- Напівсинтетичні рідини, що містять невелику кількість масла і присадок. Вони забезпечують нижче змащування ніж масла, але все ще високу ефективність охолодження.
- Синтетичні рідини, змішані з різними охолоджуючими рідинами, не містять мастил. Вони призначені для забезпечення властивостей всіх інших змащувально-охолоджуючих рідин. Вони мають високу охолоджуючу здатність, але не так гарно змащують як масла, не дають диму, мають низький поверхневий натяг і відповідно забезпечують швидке змочування. В основному вони використовуються для високошвидкісного точіння твердих матеріалів і у шліфуванні.

Значення в'язкості

В'язкість важлива для:

- Змащувально-охолоджувальних мастил, синтетичних і напівсинтетичних рідин. Також для концентратів, до їх змішування з водою.
- Вибір відповідного розміру і типу системи подачі рідини (насоси та форсунки).
- Розробка системи зберігання і доставки змащувально-охолоджувальних мастил,

концентратів охолоджуючої рідини та інших сумішей.

Посилання виробників на в'язкість або густину в різних технічних документах:

- Кінематична в'язкість при 40 °C, 100 °F (37.78 °C), деколи при 100 °C, деколи додатково вказують індекс в'язкості VI
- Динамічна в'язкість при 25 °C
- Універсальна секунда Сейболта (SUS; SSU)
- Густина при 15 °C або 20 °C
- Відносна густина при 20 °C або 25 °C

Всі ці параметри можна визначати за допомогою віскозиметрів серії SVM X001.

Розбавлені водою рідини (емульсії) мають низьку в'язкість, близьку до води і зазвичай їх в'язкість не вимірюється. Однак результати вимірювань в таблиці 6 дають уявлення про значення в'язкості і густини емульсії.

Виміряно при 20 °C

Зразок	Кінематична в'язкість [мм ² /с]	г; (2σ) [%]	Густина [г/см ³]	г; (2σ) [г/см ³]
Hi-Speed 415 (концентрація біля 5 %)	1.374	0.9	1.0002	0.00017

Таблиця 6: Густина та кінематична в'язкість змащувальної емульсії

Контроль змащувально-охолоджувальної рідини

Щоб продовжити термін служби змащувально-охолоджуючих рідин, їх необхідно регулярно перевіряти. Хоча забруднення частинками та старіння рідини впливають на в'язкість, цей параметр зазвичай не контролюється. Для перевірки концентрації змащувально-охолоджувальної рідини використовуються рефрактометри.

Вміст стікаючого масла (небажане мастило, яке просочилося в систему змащувально-охолоджувальної рідини) аналізується шляхом титрування.

Далі перевіряється рівень рН і лужність.