

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт
з дисципліни «Методи випробувань на зношування»
для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої
програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і
конструкцій» всіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Методи випробувань на зношування» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання / Укл. М.М. Бриков. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. 28 с.

Укладачі: М.М. Бриков, д-р техн. наук, проф.

Рецензент: О. Г. Биковський, д-р техн. наук, проф.

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: М.М. Бриков, д-р техн. наук, проф.

Помічник завідуючого кафедрою з методичної роботи:
С.М. Попов д. ф. н., проф.

Затверджено

на засіданні кафедри ОТЗВ

Протокол № 2 від 20.10.2021

Рекомендовано до видання

НМК ІФФ

Протокол № 3 від 09.11.2021

ЗМІСТ

Лабораторна робота №1 Визначення похибок вимірювання відносної зносостійкості металевих матеріалів під час випробувань на абразивне зношування за умов ГОСТ 17367-71	4
Лабораторна робота №2 Визначення припустимої швидкості ковзання зразків по абразиву під час випробувань на зношування за умов ГОСТ 17367-71	15
Лабораторна робота №3 Дослідження впливу твердості абразиву на зносостійкість матеріалів	22
Вказівки з техніки безпеки	26
Рекомендована література	27

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ ВІДНОСНОЇ

ЗНОСОСТІЙКОСТІ МЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ ПІД ЧАС

ВИПРОБУВАНЬ НА АБРАЗИВНЕ ЗНОШУВАННЯ ЗА

УМОВ ГОСТ 17367-71

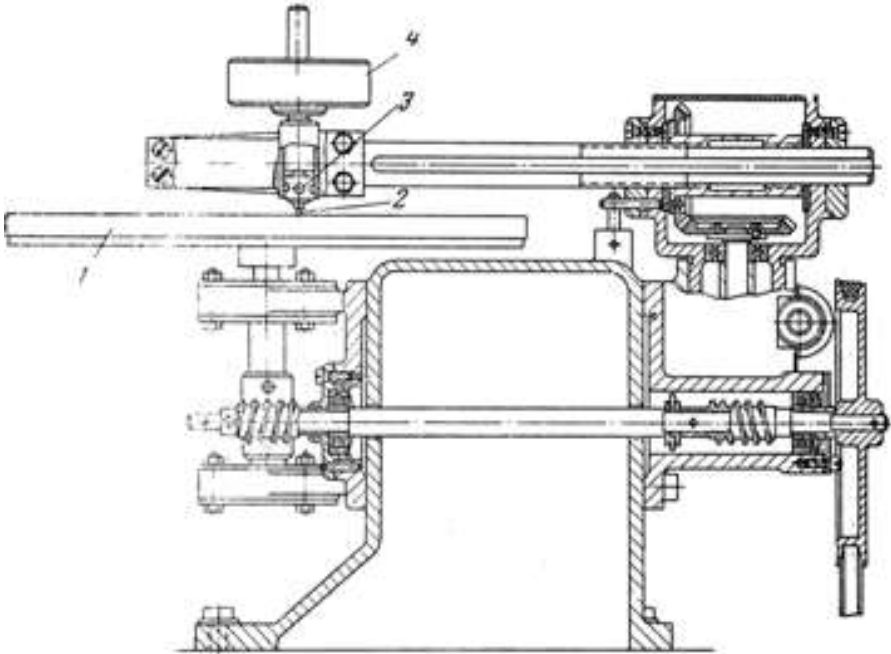
1.1 Мета роботи

Провести аналіз джерел похибок розрахунку відносної зносостійкості металевих матеріалів під час випробувань на абразивне зношування в умовах ГОСТ 17367-71 на машині Х4-Б. Визначити кількісно вплив кожного з факторів на загальну похибку розрахунку відносної зносостійкості. Запропонувати заходи щодо підвищення точності експерименту.

1.2 Загальні відомості

ГОСТ 17367-71 [1] регламентує випробування металевих матеріалів на зношування закріпленим абразивом. Суть методу полягає в стиранні циліндричного зразка об абразивну полотнину. Зразок певним зусиллям притискається торцем до абразивної поверхні і рухається відносно неї. Зразок проходить постійний шлях, і про інтенсивність зношування матеріалу зразка судять по зміні його маси або лінійних розмірів.

У основу ГОСТ 17367-71 покладено розроблений М. М. Хрущовим і М. А. Бабічевим метод випробувань на машині Х4-б [2] (рис. 1.1).



1 – диск; 2 – зразок; 3 – державка; 4 – вантаж

Рисунок 1.1 – Схема машини Х4-Б

Аналіз опублікованих робіт показує [3], що при випробуваннях металів і сплавів за ГОСТ 17367-71 практично неможливо одержати значення відносної зносостійкості зразків (ε) з прийнятним для лабораторних випробувань довірчим інтервалом.

Для виміру абсолютного зносу зразків ГОСТ вимагає використовувати мікрометр з ціною ділення 0,01 мм або аналітичні ваги з ціною ділення 0,1 мг. Мінімальний абсолютний знос, що підлягає виміру, складає 200 мкм в лінійних одиницях і 5 мг в масових.

Розглянемо погрішності визначення відносної зносостійкості, що виникають при оцінці зношеного об'єму по зміні довжини зразків і по зміні їх маси.

Згідно [1], об'єм, який зношено за постійних умов тертя, є пропорційним навантаженню і шляху тертя:

$$\Delta V = cP\Delta S, \quad (1.1)$$

де ΔV – зношений об'єм;

c – коефіцієнт;

P – навантаження;

ΔS – шлях тертя.

При випробуваннях навантаження і шлях тертя є фіксованими, і для будь-якого випробовуваного в цих умовах матеріалу справедливе твердження:

$$V \approx const. \quad (1.2)$$

Рівність є приблизною, оскільки на величину зносу впливають властивості абразивної полотнини. Застосування еталону дозволяє усунути цей недолік і виражати здатність матеріалу чинити опір абразивному зношуванню у вигляді відносної зносостійкості:

$$\varepsilon = \frac{\Delta V_{ET}}{\Delta V_{ЗР}}, \quad (1.3)$$

де ΔV_{ET} і $\Delta V_{ЗР}$ – об'ємний знос на одному і тому ж шляху тертя еталону і зразка відповідно.

Тоді вже справедлива рівність:

$$\varepsilon = const. \quad (1.4)$$

При визначенні ε неминуче виникають помилки із-за погрешностей виміру величин зношених об'ємів. Вираження (2.3) з урахуванням погрешностей запишеться:

$$\varepsilon \pm a\% = \frac{\Delta V_{ET} \pm b\%}{\Delta V_{ЗР} \pm c\%}, \quad (1.5)$$

де $a\%$ – відносна погрешність визначення ε ;

$b\%$ – відносна погрешність визначення ΔV_{ET} ;

$c\%$ – відносна погрешність визначення $\Delta V_{ЗР}$.

Тоді:

$$a\% = b\% + c\%. \quad (1.6)$$

Об'єм, який зношено при випробуванні, можна, згідно ГОСТ 17367-71, оцінювати по зміні лінійного розміру зразка, або по втраті його маси. У першому випадку зношений об'єм передбачається рівним:

$$\Delta V = \frac{\pi d^2 \Delta L}{4}, \quad (1.7)$$

де d – діаметр зразка;

ΔL – лінійний знос зразка;

а в другому:

$$\Delta V = \frac{\Delta m}{\rho}, \quad (1.8)$$

де Δm – масовий знос зразка;

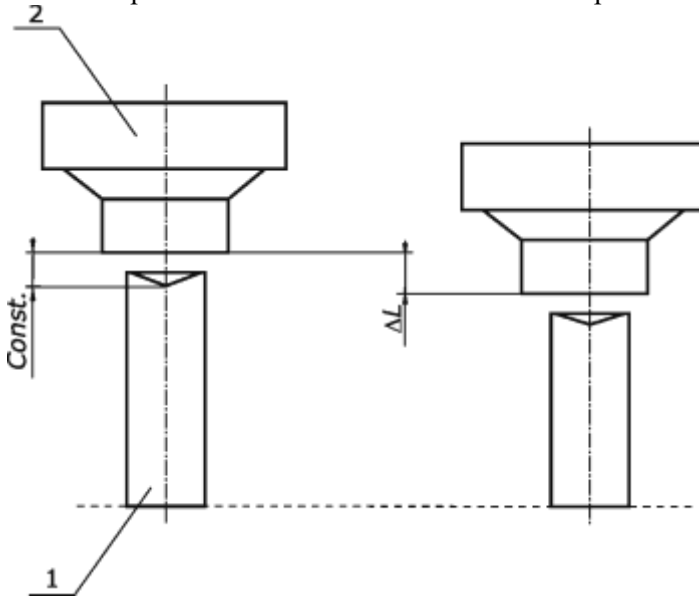
ρ – щільність матеріалу зразка.

При лінійному зносі зразка 0,2 мм можлива відносна погрішність його визначення, а, отже, і визначення величини зношеного об'єму по формулі (1.7), складає 10%. Тоді якщо лінійний знос еталону становить 0,2 мм, погрішність розрахунку відносної зносостійкості зразка досягає 20%.

Спробуємо зменшити погрішність виміру лінійного зносу, використовуючи метод штучних баз і вимірюючи величину зносу на оптичному мікроскопі з ціною ділення шкали мікрогвинта 0,002 мм. Лінійний знос вимірюється таким чином (рис. 1.2).

На одному торці зразка наноситься відбиток алмазною пірамідою (ПМТ-3 або інший прилад), який служить для вибору точки фокусування. Зразок в спеціальному пристосуванні встановлюється перпендикулярно предметному столику мікроскопа відбитком у бік об'єктиву. З допомогою макро- і мікрогвинтів домагаються різкого зображення сліду від вершини піраміди. Показ мікрогвинта фіксують. Після випробування, при якому зношується торець, який є протилежним до торця з відбитком піраміди, зразок знову встановлюють на стіл мікроскопа і за допомогою мікрогвинта домагаються різкого зображення тієї ж точки відбитку. По зміні

показу шкали мікрогвинта визначають лінійний знос зразка.



1 – зразок; 2 – об'єктив мікроскопа

Рисунок 1.2 – Схема вимірювання зносу методом штучних баз

При такому вимірюванні можлива погрішність визначення лінійного зносу не перевищує 0,004 мм, що складає усього лише 2% при зносі 0,2 мм, тобто погрішність вимірювання лінійного зносу зменшується в п'ять разів в порівнянні з вимірюванням величини зносу мікрометром.

Здавалося б, що при такому точному вимірюванні значення відносної зносостійкості можуть бути отримано з дуже малим довірчим інтервалом. Проте результати випробувань показують, що довірчий інтервал відносної зносостійкості залишається неприйнятно широким і у багатьох випадках значно перевищує 10%.

Залежність (1.7) є справедливою у тому випадку, коли вісь зразка є перпендикулярною площині тертя. Проте конструкція машини в принципі не дозволяє виконати цю умову, тому вісь зразка при випробуваннях завжди має відхилення від перпендикуляра до площини тертя на деякий кут. Тому після кожного циклу випробувань зразок має вигляд циліндра, основа якого не є перпендикулярним його

осі. Відхилення від перпендикуляра можна характеризувати величиною h (рис. 1.3).

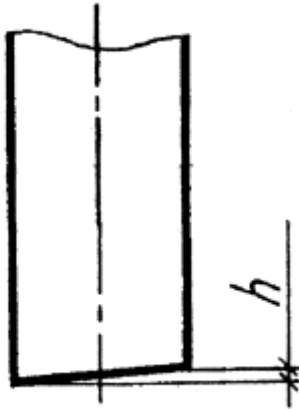


Рисунок 1.3 – Вигляд зразку після випробувань

Відхилення від перпендикуляра при кожному циклі випробувань є випадковим і дійсно зношений об'єм ΔV_D має вигляд циліндра, основи якого характеризуються різним відхиленням h (рис. 1.4).

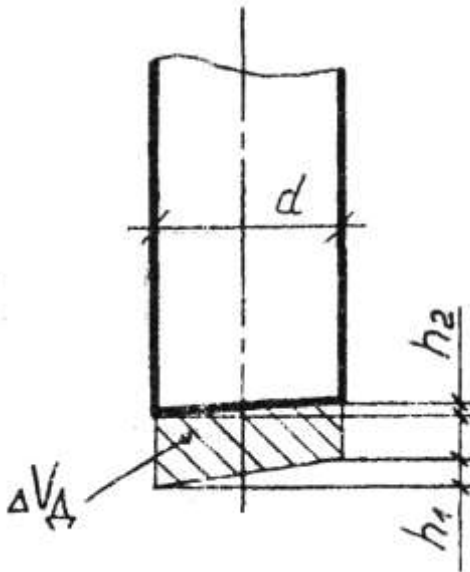


Рисунок 1.4 – Об'єм ΔV_D , який дійсно зношено

Величина об'єму, який дійсно зношено, складає:

$$\Delta V_D = \frac{\pi d^2 \Delta L}{4} - \frac{\pi d^2 h_1}{8} + \frac{\pi d^2 h_2}{8}. \quad (1.9)$$

Тоді абсолютна різниця між ΔV (1.7) і ΔV_D (1.9) складає:

$$|\Delta V - \Delta V_D| = \frac{\pi d^2 |h_1 - h_2|}{8}, \quad (1.10)$$

а відносна:

$$\frac{|\Delta V - \Delta V_D|}{\Delta V_D} = \frac{|h_1 - h_2|}{2\Delta L - (h_1 - h_2)}. \quad (1.11)$$

Величину h можна визначити за допомогою оптичного мікроскопа. Зразок встановлюється перпендикулярно предметному столу зношеним торцем у бік об'єктиву. Визначаються чотири точки A, B, C, D перетину будь-яких взаємно перпендикулярних діагоналей з контуром зразка (рис. 1.5).

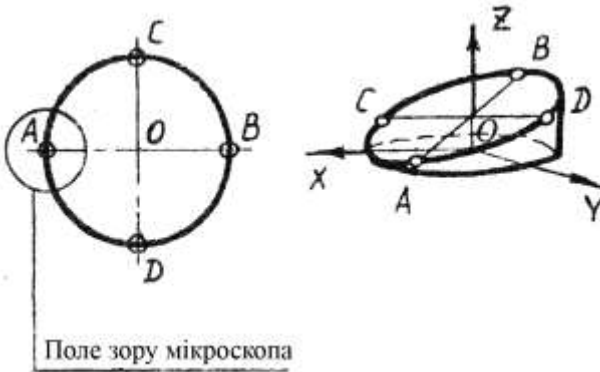


Рисунок 1.5 – Схема визначення неперпендикулярності вісі зразка поверхні тертя

Ці точки по черзі поміщаються у фокус, і за допомогою мікрогвинта знаходиться різниця в їх висотах. Потім в системі координат $XOYZ$ визначають рівняння площин ABC, BCD, CDA, DAB і кути їх нахилів до площини XOY . По найбільшому куту нахилу (гірший варіант) визначають величину h . Чотири площини використовують тому, що поверхня тертя має грубу шорсткість, і

якщо використовувати тільки одну площину, то три точки для її визначення треба вибрати або на гребені, або в западині.

В результаті серії випробувань визначений діапазон можливих значень випадкової величини $|h_1 - h_2|$ і її частотний розподіл в цьому діапазоні (рис. 1.6).

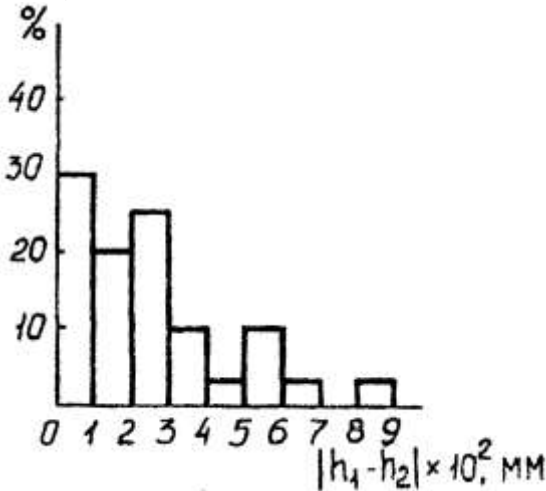


Рисунок 1.6 – Розподіл величини $|h_1 - h_2|$

Встановлено, що величина $|h_1 - h_2|$ знаходиться в діапазоні 0,00...0,10 мм, причому в 80% випадків її значення складає 0,01...0,04 мм. Цей діапазон слід вважати найбільш вірогідним при проведенні випробувань за ГОСТ 17367-71.

Тепер можна оцінити можливі випадкові погрішності, які вносяться до величини відносної зносостійкості при її розрахунку відповідно до п. 4.1. ГОСТ 17367-71, тобто:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L_{\text{ЕТ}}}{\Delta L_{\text{ЗР}}} \left(\frac{d_{\text{ЕТ}}}{d_{\text{ЗР}}} \right)^2, \quad (1.12)$$

де $\Delta L_{\text{ЕТ}}$ – лінійний знос еталону;

$\Delta L_{\text{ЗР}}$ – лінійний знос зразка;

$\Delta d_{\text{ЕТ}}$ – діаметр еталону;

$\Delta d_{\text{ЗР}}$ – діаметр зразка.

Увесь шлях тертя на диску машини Х4-Б складає приблизно 30 м, для еталону і зразка по 15 м. Лінійний знос зразка з армко-заліза на

шляху тертя 15 м складає близько 0,6 мм при величині зерна основної фракції абразивної полотнища 60 мкм. Діапазон можливого лінійного зносу зразків складає 0,2...0,6 мм якщо не випробовувати матеріал, зносостійкість якого менша, ніж зносостійкість заліза.

Згідно (1.11) відносна погрішність при одному і тому ж значенні $|h_1 - h_2|$ більше якщо $(h_1 - h_2) > 0$. Рисунок 1.7 показує залежність відносної погрішності, яка вноситься до визначуваної величини ϵ , від величини лінійного зносу зразка для випадку $(h_1 - h_2) > 0$. Величину $|h_1 - h_2|$ умовно прийнято рівною для еталону і зразка. У разі $(h_1 - h_2) < 0$ погрішності зменшуються приблизно в 1,06 разі, тобто точка А, наприклад, зміститься вниз до значення 14%.

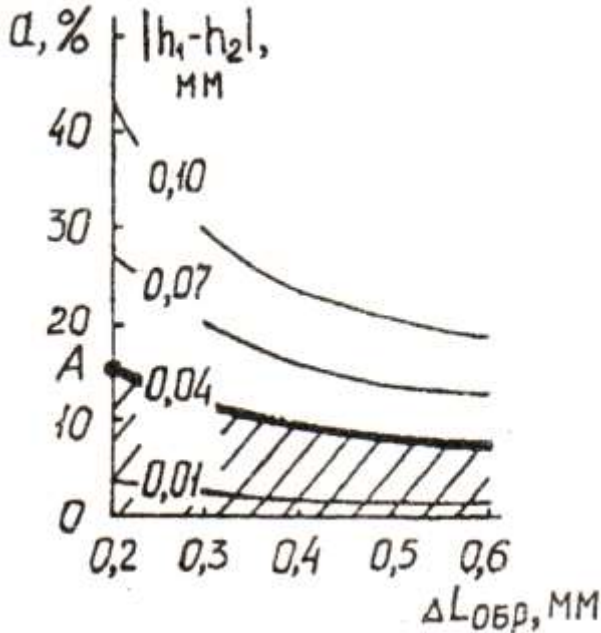


Рисунок 1.7 – Залежність відносної похибки (а) визначення відносної зносостійкості від лінійного зносу зразків $\Delta L_{зр}$ і величини $|h_1 - h_2|$

Таким чином, при випробуваннях за ГОСТ 17367-71 і розрахунку відносної зносостійкості при формулі (1.12) в результат вносяться дві основні випадкові погрішності: перша, до 13%, через використання вимірювального інструменту низької точності; друга, до 15% (при доброму стані машини) через неперпендикулярність зразка

до поверхні тертя. Першу погрішність можна виключити, вимірюючи лінійний знос за допомогою мікроскопа. Однак це є досить трудомістким і не усуває вплив неперпендикулярності зразка до поверхні тертя (див. рис. 1.7).

Проведений аналіз показує, що необхідно відмовитися від визначення лінійного зносу зразків і еталону за зміною довжини і визначати його тільки за втратою маси:

$$\varepsilon = \frac{\Delta m_{ET}}{\Delta m_{ЗР}} \cdot \frac{\rho_{ЗР}}{\rho_{ET}},$$

де Δm_{ET} – масовий знос еталонного матеріалу;

$\Delta m_{ЗР}$ – масовий знос випробовуваного матеріалу;

$\rho_{ЗР}$ – щільність випробовуваного матеріалу;

ρ_{ET} – щільність еталонного матеріалу.

1.3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи

1. Назвіть основні джерела випадкових погрішностей при розрахунку відносної зносостійкості зразків.

2. Запропонуйте шляхи удосконалення наявного методу випробувань і випробувальної установки.

1.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

1. Машина Х4-Б.
2. Абразивна полотнина ВСУ2 І 4А 6П 3 (ГОСТ 27181-86).
3. Терези аналітичні АДВ- 200 з ціною ділення шкали 0,0001 г.
4. Мікрометр.
5. Оптичний мікроскоп NU2 - Е.
6. Зразки еталонного матеріалу (армко- залізо).
7. Зразки матеріалу, який досліджується (сталь зі структурою нестабільного аустеніту).

1.5 Порядок проведення лабораторної роботи

Провести десять випробувань з виміром зносу зразків мікрометром. Розрахувати довірчий інтервал відносної зносостійкості випробовуваного зразка.

Провести десять випробувань з виміром зносу зразків за допомогою оптичного мікроскопа. Розрахувати довірчий інтервал відносної зносостійкості випробовуваного зразка.

Провести десять випробувань з виміром зносу за втратою маси. Розрахувати довірчий інтервал набутого значення відносної зносостійкості випробовуваного зразка.

1.6 Зміст звіту

Звіт повинен містити таблиці результатів трьох серій випробувань по десять випробувань в кожній. У кожній таблиці мають бути відбиті результати одиничних дослідів, математичне очікування відносної зносостійкості зразка і довірчий інтервал.

У виводах необхідно проаналізувати отримані результати і, якщо необхідно, сформулювати пропозиції по подальшому зменшенню погрішностей експерименту.

1.7 Рекомендована література

[1-3].

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСТИМОЇ ШВИДКОСТІ КОВЗАННЯ ЗРАЗКІВ ПО АБРАЗИВУ ПІД ЧАС ВИПРОБУВАНЬ НА ЗНОШУВАННЯ ЗА УМОВ ГОСТ 17367-71

2.1 Мета роботи

Провести вимірювання температури зразків металевих матеріалів під час випробувань на абразивне зношування в умовах ГОСТ 17367-71 на машині Х4-Б. Визначити кількісно можливі похибки розрахунку відносної зносостійкості зразків, яку вносить їх фрикційне нагрівання під час випробувань. Експериментально визначити таку швидкість ковзання, коли взагалі фрикційне нагрівання відсутнє. Визначити гранично припустиму швидкість ковзання для випробувань в умовах ГОСТ 17367-71.

2.2 Загальні відомості

В області фрикційного контакту є три рівні температури:

- температура спалаху в одиничному контакті абразивного зерна з поверхнею тертя. Температура спалаху є максимальною контактною температурою і може досягати значень декількох сотень градусів Цельсія в областях від долі мікрметра до декількох мікрметрів в діаметрі на період часу від декількох наносекунд до декількох мікросекунд [4];

- середня температура поверхні тертя, що виникає в результаті сумарної дії температурних спалахів в контактах. Середня температура поверхні тертя у декілька разів нижче за температуру спалаху і залежить за інших рівних умов від швидкості ковзання зразка по абразиву [4, 5];

- температура в об'ємі тіла. Інтенсивно знижується із збільшенням відстані від поверхні.

У зв'язку з дуже малими розмірами спалаху його температуру може бути виміряно лише за допомогою реєстрації інтенсивності випромінювання. При цьому зношуване тіло має бути оптично прозорим [6, 7]. Тому пряме вимірювання температури в контактах абразивних зерен з металевою поверхнею є ускладненим.

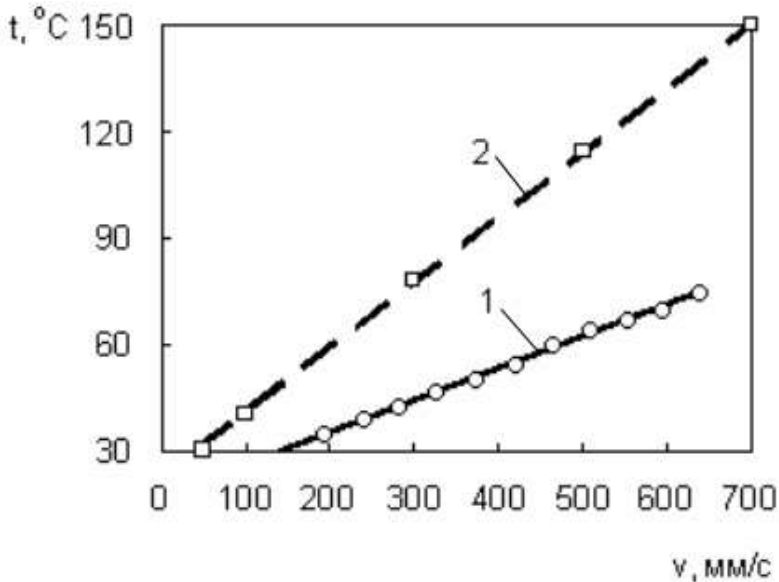
Вимір об'ємної температури металевих зразків при абразивному зношуванні не дозволяє судити про температуру поверхні тертя із-за великого градієнта температури перпендикулярно до зношуваної поверхні. Проте в нашому випадку немає необхідності знати температуру поверхні тертя. Вимагається лише гарантувати відсутність нагріву. Тому досить встановити факт підвищення температури в приповерхневому об'ємі зразка, щоб стверджувати, що умови тертя не відповідають вимозі ГОСТу про відсутність нагріву.

Якщо як зразок використовувати один з термоелектродів стандартної термопари, наприклад хромель, а другий термоелектрод, наприклад, копель, приварити контактним зварюванням близько до зношуваного торця зразка, то можна фіксувати температуру приповерхневого об'єму зразка в процесі випробувань.

Результати експерименту показують, що при випробуванні на машині Х4-Б фіксується значний фрикційний нагрів [8]. На зовнішньому радіусі тертя температура приповерхневого об'єму досягає 75°C (рис. 2.1). Обробка даних, які подано в [9, 10] дозволяє побудувати залежність температури в контактах від швидкості ковзання зразка по абразиву при випробуваннях на машині Х4-Б.

У ідеальному випадку вимогу ГОСТу про відсутність нагріву можна вважати виконаною, якщо температура поверхні тертя не підвищується навіть на один градус в порівнянні з температурою довкілля при випробуваннях. У зв'язку з цим проведено експеримент для визначення такої швидкості ковзання зразка по абразиву, при якій нагрів приповерхневого об'єму не виникає взагалі.

На швидкостях ковзання зразка по абразиву від 5 до 63 мм/с проведено серію випробувань із записом значень температури в приповерхневій зоні (температура спою). Від початку запису до початку руху зразка проходить 5 с. Рух триває 10-20 с. Температура довкілля 20°C .



1 – температура приповерхневого об'єму; 2 – температура в контактах з абразивними зернами

Рисунок 2.1 – Оцінка температури зразків при випробуваннях на абразивне зношування за ГОСТ 17367-71

Результати випробувань показали (рис. 2.2), що вже при швидкості ковзання 8 мм/с в приповерхневій зоні фіксується фрикційний нагрів, який закономірно збільшується з підвищенням швидкості.

Таким чином, якщо строго виконувати вимоги ГОСТ 17367-71 про відсутність нагріву, то швидкість ковзання зразків по абразиву необхідно обмежити значенням близько 5 мм/с. Така низька швидкість суттєво понизить цінність цього методу випробувань. Доцільно було б збільшити максимально допустиму швидкість ковзання.

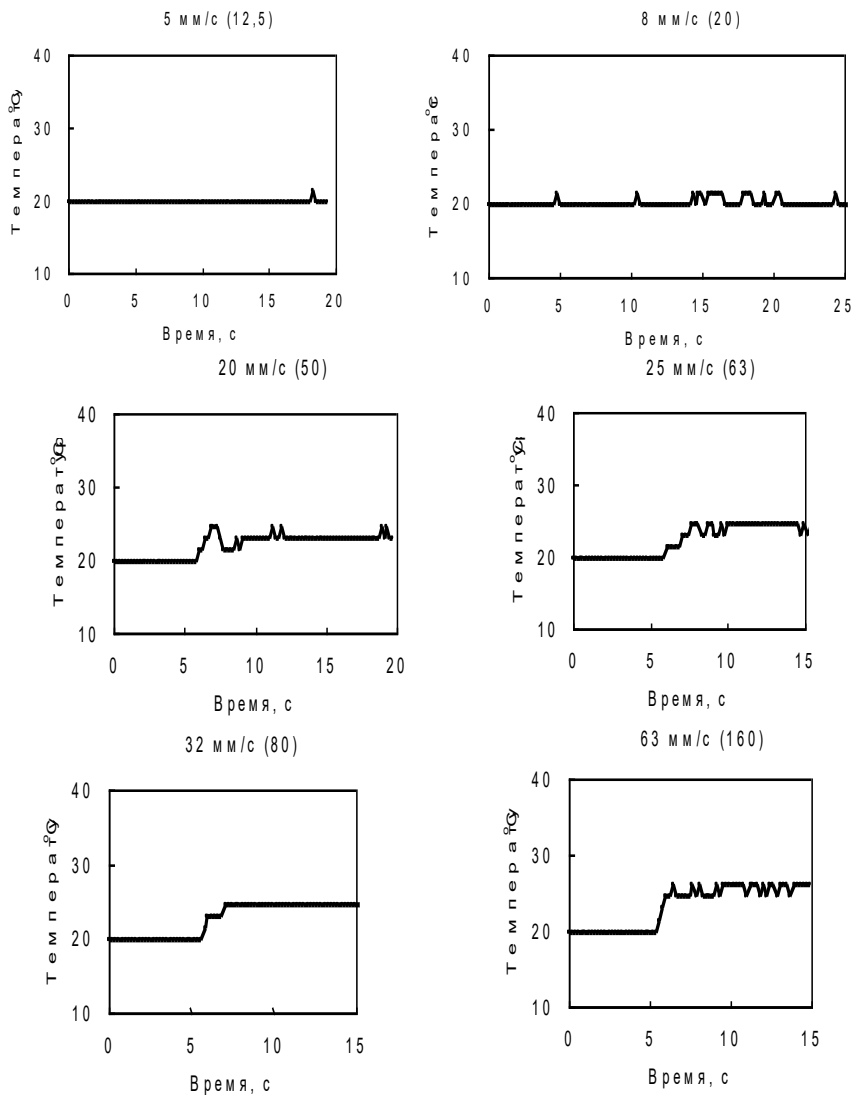


Рисунок 2.2 – Температура приповерхневої зони зразка при різній швидкості ковзання по абразиву

Для цього можна використовувати співвідношення, згідно з яким за постійних умов тертя на однакових шляхах ΔS_1 і ΔS_2 досягаються однакові величини зносу Δm_1 і Δm_2 одного і того ж

матеріалу:

$$\frac{\Delta S_2}{\Delta S_1} = \frac{\Delta m_2}{\Delta m_1} = 1. \quad (2.1)$$

При обертанні диска машини Х4-Б із швидкістю 1 с^{-1} відношення зносу будь-якого зразка на зовнішній половині шляху тертя до зносу на внутрішній більше одиниці у зв'язку з фрикційним нагрівом, що доведено експериментально. Зменшення частоти обертання диска дозволяє понизити максимальну швидкість ковзання зразка по абразиву. Це повинно вести до зменшення нагріву і, відповідно, зниження відношення величин зносу. За деякої частоти обертання це відношення досягне одиниці. Очікується, що цій частоті відповідає максимальна лінійна швидкість ковзання зразка по абразиву в діапазоні 50-150 мм/с. Тоді температура поверхні тертя не повинна перевищувати 30°C .

Для реалізації цього експерименту потрібний привід машини, що забезпечує можливість зміни швидкості обертання диска. Для цього використовується кроковий двигун і пристрій управління, який зв'язано з ЕОМ і який дозволяє програмно задавати необхідну швидкість обертання.

Експеримент необхідно провести на зразках із структурою нестабільного аустеніту. Зносостійкість аустеніту інтенсивно знижується навіть при незначному фрикційному нагріванні поверхні тертя [11], тому нестабільний аустеніт є своєрідним індикатором зміни температурного режиму зношування. Швидкість обертання диска машини Х4-Б, при якій буде досягнута рівність масового зносу аустенітного зразка на зовнішньому і внутрішньому шляхах тертя, і буде гранично припустимою швидкістю. Звідси можна визначити максимально допустиму лінійну швидкість ковзання.

2.3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи

1. Як розподіляється температура матеріалу в області фрикційного контакту?

2. При якій лінійній швидкості ковзання фіксується фрикційний нагрів в умовах випробувань за ГОСТ 17367-71.
3. Яка швидкість ковзання зразків по абразиву є припустимою?

2.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

1. Машина Х4-Б, яку оснащено різними приводами.
2. Абразивне полотно ВСУ2 І 4А 6П 3 (ГОСТ 27181-86).
3. Терези аналітичні АДВ- 200 з ціною ділення шкали 0,0001 г.
4. Зразки хромеля діаметром 2 мм, копелевий дріт діаметром 0,5 мм, устаткування для реєстрації і запису температури.
5. Зразки сталі із структурою нестабільного аустеніту.

2.5 Порядок проведення лабораторної роботи

Приварити контактним зварюванням копелевий дріт до хромелевого зразка як можна ближче до торця. Провести стирання зразка на машині Х4-Б при частоті обертання диска 1 c^{-1} на свіжому абразивному полотні в діапазоні від мінімального до максимального радіусів тертя. Провести запис результатів вимірювань температури, обробити отримані дані.

Перемкнути привід машини Х4-Б на кроковий двигун. При різній частоті обертання диска провести досліди за визначенням відношення масового зносу зразка на зовнішній половині шляху тертя до масового зносу зразка на внутрішній половині шляху тертя. Для кожної частоти обертання диска провести не менше п'яти ідентичних дослідів, визначити математичне очікування відношення і його довірчий інтервал, який не повинен перевищувати 5%. Експеримент повторити не менше чим при чотирьох різних частотах обертання диска, починаючи з 1 c^{-1} і менше. Досліди припинити за такої частоти обертання, коли досягне одиниці. Для цієї частоти обертання визначити лінійну швидкість ковзання зразка по абразиву на зовнішньому радіусі тертя, яка і буде шуканою максимально припустимою швидкістю ковзання при випробуваннях по ГОСТ 17367-71.

2.6 Зміст звіту

Звіт повинен містити залежність температури приповерхневого об'єму зразка хромеля при випробуваннях на машині Х4-Б на частоті обертання диска 1 с^{-1} , таблиці результатів випробувань аустенітного зразка при різних частотах обертання диска машини, експериментально визначену величину максимально припустимої швидкості ковзання зразків по абразиву при випробуваннях за ГОСТ 17367-71.

2.7 Рекомендована література

[4-11].

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТВЕРДОСТІ АБРАЗИВУ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ МАТЕРІАЛІВ

3.1 Мета роботи

Провести випробування зразка ВК8 на абразивне зношування у відповідності з ГОСТ 17367-71 на абразиві різної твердості. Порівняти величини відносної зносостійкості ВК8 за умов випробувань електрокорундом (твердість 22 ГПа) та карбідом кремнію (35 ГПа). Дослідити поверхню тертя зразка після випробувань різним абразивом. Зробити висновок щодо впливу співвідношення твердості абразиву і матеріалу на зносостійкість матеріалу, а також щодо механізмів зношування поверхні тертя.

3.2 Загальні відомості

Всі існуючі нині визначення терміну "абразивне зношування" зводяться до наступних варіантів:

а) зношування, що викликається твердими (у сенсі значення твердості) частинками або твердими виступами, притиснутими до твердої (у сенсі не рідкої) поверхні, і рухомими відносно неї [12];

б) зношування, що викликається дією твердих тіл, рухомих відносно поверхні [2];

в) зношування в результаті різальної або дряпаючої дії твердих тіл або частинок [13-17].

Уявимо випадок, коли тверде мінеральне зерно притиснуте невеликим навантаженням до сталевій поверхні і рухається відносно неї. При цьому навантаження недостатнє для втискування зерна в поверхню навіть на мінімальну глибину. Згідно з варіантами а) [12] і б) [2] в даному випадку має місце абразивне зношування, що не відповідає дійсності. Очевидно, необхідно враховувати, чи вдавлюється зерно в поверхню.

У роботі [18] запропоновано і обґрунтовано таке визначення терміну «абразивне зношування»:

абразивне зношування – зношування зануреними тілами.

Це визначення повністю відповідає суті абразивного зношування. Слово «зношування» визначає процес руйнування поверхні. Слова «зануреними тілами» звужують круг явищ, оскільки якщо в тверде тіло А занурене тіло В, то:

- тіло А здатне пластично деформуватися;
- тіло В тверде;
- тіло В твердіше, ніж тіло А;
- тіло В досить міцно, щоб не зруйнуватися при втискуванні;
- тіло В закріплено навантаженням, яке вдавлює;
- навантаження є достатнім для втискування;
- тіло В має опуклу поверхню у вигляді сфери, пірамідального або іншого вістря [2].

Таким чином, в будь-якій ситуації, яка відповідає запропонованому визначенню, має місце абразивне зношування.

Пропоноване визначення абразивного зношування знімає необхідність його класифікації, оскільки виключає безліч випадків, які вважаються абразивним зношуванням, але насправді ним не є. Тому при визначенні виду зношування у кожному конкретному випадку слід враховувати не наявність або відсутність абразиву у контакті з робочою поверхнею, а умови взаємодії поверхні тертя і середовища, що зношує. Очевидно, що з урахуванням запропонованого визначення висновок про руйнування поверхні тертя в режимі абразивного зношування можна робити лише коли на ній присутні множинні сліди пластичної деформації (подряпини, канавки).

Відповідно до представленого визначення, при зношуванні абразивом не завжди відбувається абразивне зношування. У разі, коли середовище, що зношує, нездатне викликати пластичну деформацію зношуваної поверхні, абразивне зношування відсутнє.

Як ілюстрацію проведемо дві серії випробувань твердого сплаву ВК8 на електрокорундовому і карбідокремнієвому абразивних полотнах в умовах ГОСТ 17367-71. Очікуваний результат – набагато вища інтенсивність зношування ВК8 карбідом кремнію, ніж електрокорундом. Відповідно, зношування ВК8 карбідом кремнію відбувається в режимі чисто абразивного зношування і викликає значно більший знос.

3.3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи

1. Як впливає на зносостійкість матеріалу співвідношення твердості абразиву і твердості матеріалу?
2. Як змінюється режим зношування цього матеріалу при зменшенні твердості абразиву?
3. Які ще властивості абразиву окрім твердості необхідно враховувати для прогнозування режиму і механізму зношування?
4. Як за зовнішнім виглядом поверхні тертя визначити режим зношування матеріалу без проведення випробувань на зношування?

3.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

- 1 Установа для проведення випробувань матеріалів на абразивне зношування.
- 2 Абразивне полотно двох типів: електрокорунд і карбід кремнію.
- 3 Терези аналітичні АДВ- 200 з ціною ділення шкали 0,0001 г.
- 4 Зразок ВК8 і еталонний матеріал (У8).
- 5 Оптичний мікроскоп NU2 - Е.

3.5 Порядок проведення лабораторної роботи

Виміряти твердість і щільність ВК8. Визначити відношення твердості абразиву до твердості зразка для електрокорунда і карбіду кремнію.

Провести два ідентичних досліди за визначенням відносної зносостійкості ВК8 при зношуванні електрокорундом. Розрахувати значення відносної зносостійкості ВК8Е.

Провести два ідентичних досліди за визначенням відносної зносостійкості ВК8 при зношуванні карбідом кремнію. Розрахувати значення відносної зносостійкості ВК8КК.

Нанести точки для ВК8Е і ВК8КК на діаграму «відносна зносостійкість-твердість» для залізвуглецевих сплавів.

Зробити висновки.

3.6 Зміст звіту

Звіт повинен містити:

- результати визначення щільності і твердості зразка ВК8, відношення твердості абразиву до твердості зразка ВК8 для електрокорунда і карбіду кремнію;
- результати випробувань ВК8 на зношування електрокорундом і карбідом кремнію;
- діаграму «відносна зносостійкість – твердість» для залізвуглецевих сплавів з точками, відповідними зносостійкості ВК8 для випробувань по різному абразиву;
- якісний опис зовнішнього вигляду поверхні тертя зразка ВК8 при випробуванні різним абразивом;
- виводи по роботі.

3.7 Рекомендована література

[12-18].

ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. До лабораторних робіт допускаються студенти після інструктажу з охорони праці і пожежної безпеки.

2. Забороняється включати електричні прилади без дозволу завідувача лабораторією чи викладача.

3. У випадку пожежі чи поразки електричним струмом студенти повинні діяти у відповідності із затвердженими інструкціями з охорони праці і пожежної безпеки.

4. При виконанні робіт необхідно одягнути халат, рукавиці і захисні окуляри.

5. У випадку виявлення ушкоджень обладнання студент мусить негайно повідомити викладачу чи завідувачу лабораторією.

6. При роботі необхідно дотримуватись правил електробезпеки. Пристрій повинен бути заземлений, провідники надійно ізольовані, штепсельні роз'єкти забезпечувати надійний контакт.

7. Не дозволяється проводити огляд, вивчення і ремонт пристрою, коли він знаходиться під напругою.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Металлы: Метод испытания на абразивное изнашивание при трении о закрепленные абразивные частицы: ГОСТ 17367-71. М.: Изд-во стандартов, 1971. 5 с.
2. Хрущов М.М. Исследования изнашивания металлов / М.М. Хрущов, М.А. Бабичев. М.: 1960. – 152 с.
3. Кроха В. А. Оценка точности стандартных испытаний на абразивную износостойкость // Трение и износ. 1988. №6. С. 1128-1133.
4. Богданович П.Н., Ткачук Д.В., Белов В.М. Методы регистрации температуры при трении и механической обработке твердых тел (обзор) // Трение и износ, 2006 (27). № 4. С. 444–456.
5. Богданович П.Н. Влияние теплофизических свойств трущихся тел на температуру вспышки в высокоскоростном фрикционном контакте / П.Н. Богданович, Д.В. Ткачук // Трение и износ. 2001. Т. 22, № 1. С. 10-16.
6. Богданович П.Н. Распределение температуры по глубине тонких поверхностных слоев трущихся тел при высоких скоростях скольжения / П.Н. Богданович, Д.В. Ткачук // Трение и износ. 2001. Т. 22, № 2. С. 160-167.
7. Ткачук Д.В. Температурное поле в поверхностных слоях материалов при высокоскоростном трении / Д.В. Ткачук // Трение и износ. 1999. Т. 20, № 6. С. 595-598.
8. Брыков М.Н. Влияние нагрева поверхности трения на точность определения относительной износостойкости при стандартных испытаниях // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні: Збірник наукових праць Запорізького держ. техн.ун-та. 997. №1-2. С.67-68.
9. Mulhearn T.O. Mechanics of cutting and rubbing in simulated abrasive processes / T.O. Mulhearn, A.J. Sedriks // Wear. 1963. V. 6, № 6. P. 457-466.
10. Пугачев Г.А. Исследование износостойкости сплавов при трении в абразивной массе и разработка наплавочных материалов: дис. ... кандидата техн. наук: 05.16.01 / Пугачев Генрих Александрович. Запорожье, 1979. 216 с.
11. Коваль А.Д. Абразивное изнашивание железоуглеродистых

сплавов при фрикционном нагреве / А.Д. Коваль, М.Н. Брыков // Трение и износ. 2010. Т. 31, № 3. С. 305-311.

12. ASTM G40. Standard terminology relating to wear and erosion // Friction and wear testing source book of selected references from ASTM standards and ASM handbooks. – ASTM : ASM. - 1997.

13. Хрущов М. М. Абразивное изнашивание / М. М. Хрущов, М. А. Бабичев. - М. : Наука, 1970. - 252 с.

14. Основы трибологии (трение, износ, смазка) / [Браун Э. Д., Буше Н. А., Буяновский И. А. и др.] ; под ред. А. В. Чичинадзе : учеб. для техн. вузов. - М. : Центр "Наука и техника", 1995. - 778 с.

15. Справочник по триботехнике / под общ. ред. М. Хебды, А. В. Чичинадзе. В 3-х т. Т.1. Теоретические основы. - М.: Машиностроение, 1989. - 400 с.

16. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет К. В. Фролов (пред.) и др. - М. : Машиностроение. – Детали машин. Конструкционная прочность. Трение, износ смазка. Т. VI - 1. / Д. Н. Решетов, А. П. Гусенков, Ю. Н. Дроздов и др.; Под общ. ред. Д. Н. Решетова. - 2002. - 864 с.

17. Политехнический словарь / Редкол.: А. Ю. Ишлинский (гл.ред) и др. - 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Советская энциклопедия, 1989. - 656 с.

18. Брыков М. Н. К вопросу об определении термина «абразивное изнашивание» / М. Н. Брыков // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. - 2005. – № 2. - С. 151-153.