МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи №8

«Дослідження методів та приладів для визначення температури поверхні тертя і пришовної зони деталей в процесі зношування і наплавлення» з дисципліни «Основи науково-дослідної роботи» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання

2020

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 8 «Дослідження методів та приладів для визначення температури поверхні тертя і пришовної зони деталей в процесі зношування і наплавлення» з дисципліни «Основи науково-дослідної роботи» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання / Укл.: М.І. Андрущенко, М.Ю. Осіпов, О.Є. Капустян. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. 14 с.

Укладачі: М.І. Андрущенко, канд. техн. наук, доцент
М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доцент
О.Є. Капустян, канд. техн. наук, доцент
Рецензент: Р.А. Куликовський, канд. техн. наук, доцент
Редактор: І.П. Аверченко
Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено
на засіданні кафедри ОТЗВ
Протокол № 1 від 14.08.2020 р.

Рекомендовано до видання
НМК ІФФ
Протокол №1 від 04.09.2020 р.

ЗМІСТ

1 Мета роботи 4
2 Загальні відомості 4
3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи 11
4 Матеріали, інструмент, прилади обладнання 12
5 Вказівки з техніки безпеки 12
6 Порядок проведення лабораторної роботи 13
7 Зміст звіту 14
Рекомендована література 14

1 МЕТА РОБОТИ

Вивчення та засвоєння методів визначення температури поверхні тертя та пришовної зони деталей при зварюванні та наплавленні в основному шляхом використання термопар та аналіз конструкцій приладів для реалізації цих методів.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Відомо, що в багатьох випадках зношування деталей, в тому числі абразивне, відбувається при підвищених температурах, які виникають, або в результаті фрикційного нагрівання, або ж в наслідок переробки нагрітих матеріалів.

Відомо також, як з робіт ЗНТУ так і інших наукових організацій (ще з 60-70 років минулого століття), що в умовах абразивного зношування, при температурах близьких до кімнатної, найбільша зносостійкість, як гомогенних, так і гетерогенних сплавів, досягається при наявності в металевій матриці великої кількості високовуглецевого метастабільного аустеніту здатного перетворюватися в мартенсит деформації в процесі зношування. Однак пізніше було встановлено, що в деяких випадках, наприклад в умовах роботи скребків змішувачів, навіть при наявності в структурі достатньо великої кількості метастабільного аустеніту ефект підвищення зносостійкості не спостерігається. Передбачалося, що однією з причин цього можуть бути підвищені температури поверхні тертя. Але на той час достовірних відомостей відносно цього не було. Тому вивчення закономірностей впливу температури на повноту фазових перетворень, рівень самозміцнення поверхні тертя в процесі зношування та на зносостійкість було і є актуальним до цього часу.

При вирішенні цієї проблеми можна виділити дві складові.

- необхідно знати істинну температуру поверхні тертя деталі. Для цього потрібно вивчати, аналізувати, вибирати та розробляти методи оцінки температури поверхні тертя. Це і є метою даної лабораторної роботи;

- потрібно фізично моделювати умови зношування при підвищених температурах як в лабораторних, так і виробничих умовах. Це буде задачею наступної лабораторної роботи.

На першому етапі вирішення задач дослідження проблеми зношування при підвищених температурах в ЗНТУ вибиралися, або розроблялися способи визначення температури поверхні тертя.

У промисловій та науковій термометрії використовується 2 основних методи вимірювання температури:

1 - контактний, який реалізується первинним вимірювальним перетворювачем, що знаходиться в безпосередньому контакті з вимірювальним середовищем;

2 - безконтактний, який реалізується в пірометрах, а температура визначається по тепловим електромагнітним випромінюванням нагрітих тіл.

Термометри класифікують наступним чином:

контактні на:

1 - термоелектричні термометри (термопари), які використовуються в діапазоні температур (-200...+2200 °С). Їх принцип дії ґрунтується на зміні термоелектрорушійної сили (ТЕРС) в ланцюгу при нагріванні спаю двох різнорідних металів.

2 - термометри опору, в яких використовується залежність електричного опору провідників та напівпровідників від температури і які поділяються на:

а) металеві (від -260 до +1100 °С)

б) напівпровідникові (-275...+600°С);

3 - термометри розширення: рідинні скляні (діапазон вимірювання від -200 до +600°С) та дилатометричні і біметалеві (від -150 до +700 °С). Принцип їхньої дії базується на зміні об’єму рідини чи лінійних розмірів твердих тіл при зміні температури;

4 - манометричні термометри (-200...+1000 °С). В них використовується зміна тиску газу, рідини чи пари в замкнутому об’ємі при зміні температури;

Безконтактні термометри (пірометри) поділяються на:

1 – квазімонохроматичні, принцип дії яких ґрунтується на залежності спектральної енергетичної яскравості від температури, (700...10000° С);

2 - спектрального відношення. Методика вимірювання базується на використанні залежності відношення енергетичної

яскравості в двох спектральних зонах від температури нагрітого об’єкта (300...2800 °С);

З - повного випромінювання. Їх дія заснована на використанні залежності температури від інтегральної енергетичної яскравості. На відміну від квазімонохроматичних, пірометри повного випромінювання вимірюють яскравість не у вузькій смужці випромінювання, а по всьому спектру (або майже по всьому). (50...3500 °С).

Вибір того чи іншого методу та приладів для вимірювання температури залежить від багатьох факторів, основними із яких є:

а) межі випромінювання температури;

б) точність випромінювання;

в) склад і властивості середовища, яке досліджується.

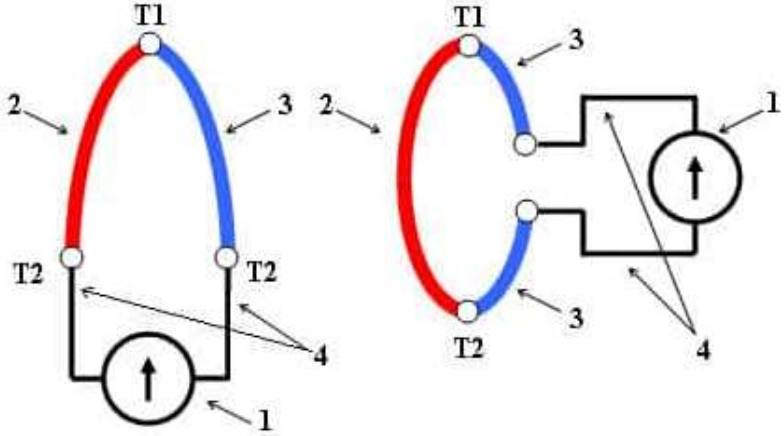
До цього часу мабуть найбільш поширеними способами із приладів термометрії є термоелектричні термометри (термопари). Це пов'язано з їх широким температурним діапазоном (від -270° С до +2500° С), зазвичай, задовільною точністю, низькою ціною, взаємозамінністю і високою надійністю. Часто потрібно знати температуру не тільки на поверхні деталі, а і характер її зміни за глибиною. В даному випадку спосіб виміру температури за допомогою термопари є найбільш технологічним, а в деяких випадках мабуть і єдино можливим. Тому розглянемо цей спосіб більш детально.

Розуміння принципу дії термопари вкрай важливо для її застосування. Термопара (ТП) це термоелектричний пристрій замкненого кола. Пара являє собою два дроти з різних металів, з'єднаних на одному кінці («робочий кінець» або «гарячий спай») і призначених для вимірювання температури (рис. 2.1). Другі кінці термопари («вільні кінці», «холодний спай») з'єднані із приладом для вимірювання напруги за допомогою проводів з металу одного типу, наприклад, міді.

Електричний струм створюється, коли температура на одному кінці (спаї), відрізняється від температури на іншому кінці. Це явище носить назву ефекту Зеєбека, який є основою для вимірювання температури за допомогою термопар.

На вимірювальний елемент з гарячим спаєм впливає температура технологічного процесу. Холодний або опорний спай це точка підключення поза технологічним процесом, де температура

відома і де вимірюється напруга. (Наприклад, в вимірювальному перетворювачі, на вхідній платі системи управління або в пристрої формування сигналів.)



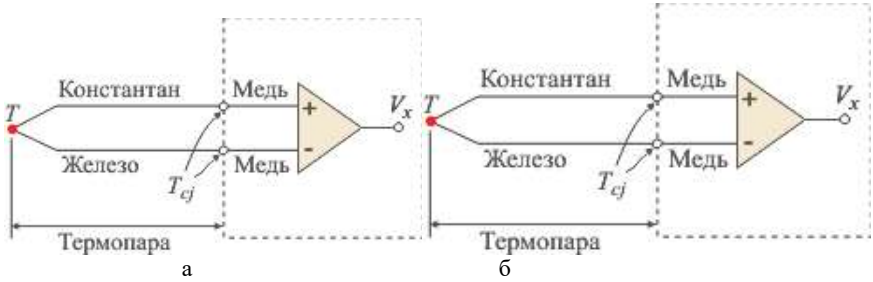
1 – вимірювальний прилад; 2, 3 – термоелектроди; 4 – з'єднувальні дроти; T1, T2 –температури гарячого і холодного спаїв.

Рисунок 2.1 – Схема роботи термопари для вимірювання

Відповідно до ефекту Зеєбека, напруга, що вимірюється на холодному спаї пропорційна різниці температур гарячого і холодного спаїв. Ця напруга може називатися напругою Зеєбека, термоелектричною напругою, або термоелектричною електрорушійною силою. У міру зростання температури гарячого спаю напруга, яка спостерігається на холодному спаї, також зростає не лінійно в залежності від зростання температури. Лінійність кривої «температура-напруга» залежить від поєднання металів, що утворюють термопару.

Термопара може буди з'єднана з приладом для вимірювання сигналу термопари за двома схемами – без компенсації холодного спаю (рис. 2.2а) і з компенсацією (рис. 2.2б).

Важливою складовою розробки методики вимірювання температури є виготовлення термопар. Процес починається з вибору високоякісного дроту з матеріалу, який потрібен для термопари в залежності від рівня температури, яка очікуються в вашому випадку. Крім того важливим є діаметр дроту. Чим він менше, тим менше інерційність процесу виміру.



а – без компенсації холодного спаю; б – з компенсацією.

Рисунок 2.2 – Схеми різних варіантів з’єднання термопари з приладом для вимірювання сигналу термопари

Утворення робочого кінця (з’єднання дротів) може виконуватися різними способами (рис. 2.3), включаючи скручування, стиснення, паяння, в тому числі і високотемпературне, а також різні види зварювання (наприклад, зварювання вузьким швом і зварювання в стик. Щоб отримати найкращі робочі характеристики гарячий спай повинен бути механічно міцним, електрично безперервним, не забруднений ніякими хімічними домішками матеріалів, що використовуються при зварюванні або паяння. Необхідно відзначити, що гарячий спай отриманий шляхом скручування дротів, дуже швидко втрачає свої властивості, і використовувати такий спосіб отримання робочого кінця не рекомендується.

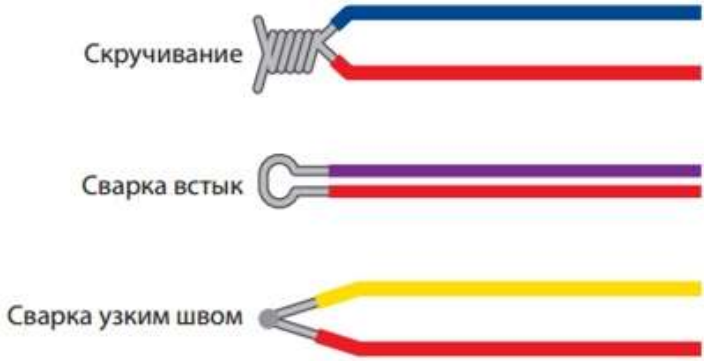


Рисунок 2.3 – Схеми з’єднання дротів для отримання робочих кінців термопари

Дуже велика кількість типів термопар. Наведем приклади деяких з них.

Тип А (вольфрамореніевий сплав ВР - вольфрамореніевий сплав ВР) використовується для вимірювання високих температур від 0° С до 2500° С в інертному середовищі.

Тип К (хромель-алюмель) використовується для вимірювання температур в діапазоні від -200° С до +1000° С (рекомендована межа, залежить від діаметра термоелектродного дроту).

Тип L (хромель-копель) використовується для вимірювання температур в діапазоні від -200° С до +800° С (рекомендована межа, що залежить від діаметра термоелектродного дроту).

Тип Е (хромель-константан) використовується для вимірювання температур в діапазоні від -40° С до +900° С. Має високу чутливість.

Тип N (ніхросил-нісіл) - відносно новий тип термопари, розроблений на основі термопари типу К. Максимальна температура, при якій може працювати термопара, становить 1500° С. Вважається найточнішою термопарою з неблагородних металів.

В якості прикладу використання термопар можна розглянути методику виміру температур поверхні тертя скребків обладнання для змішування абразивних мас. Необхідно було встановити максимальну температуру, яка виникає на поверхні скребка, що зношуються а також характер розподілу температури по глибині поверхневого шару.

З цією метою на вогнетривкому заводі був випробуваний збірний скребок (рис. 2.4), в робочу кромку якого були виведені шість хромель-копелевих термопар, робочі спаї яких розташовувалися на різній відстані від поверхні скребка, що зношуються (рис. 2.5). Вільні кінці термопар (рис. 2.5) за допомогою компенсаційних дротів через щітковий перемикач, що виключає появи різного роду перешкод і наведень в процесі роботи, були виведені на лабораторний компенсаційний прилад ЛКС4-003. Реєстрацію температури проводили в процесі промислової експлуатації змішувача при встановленому на підприємстві ритмі перемішування вогнетривкої сировини.

В результаті досліджень характеру зношування в умовах експлуатації скребків було встановлено, що їх поверхні тертя схильні до значного нагрівання (500° С). Це допомогло обґрунтовано вибрати матеріал для наплавлення скребків і розробити технологію їх зміцнення, що дозволило збільшити строк служби цих деталей в

декілька разів.

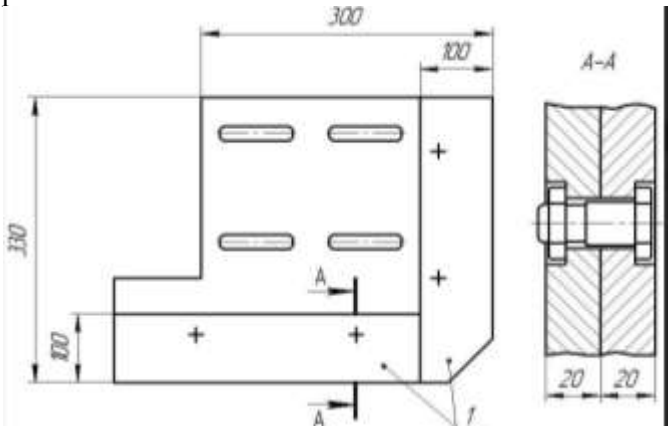


Рисунок 2.4 – Схема скребка змішувальної установки

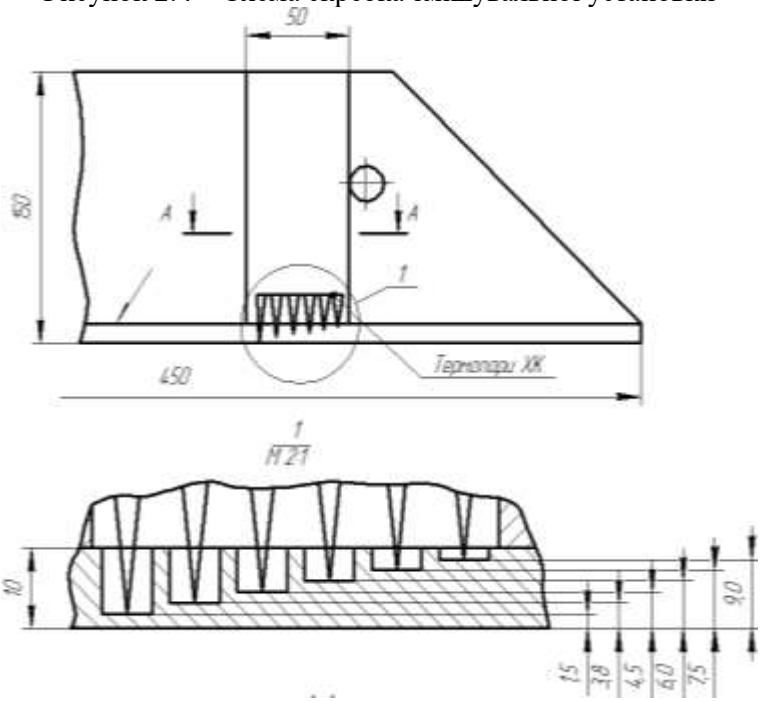


Рисунок 2.5 – Схема установки термопар в скребку для замірів температур в процесі зношуваня

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. З яких причин зношування деталей може відбуватися при підвищених температурах?

2. При наявності якої фази може досягатися найбільша зносостійкість в умовах абразивного зношування, при температурах близьких до кімнатної.

3. Які складові вирішення проблеми низької зносостійкості деталей які працюють в умовах абразивного зношування при підвищених температурах?

4. Які два основних методи використовується у промисловій та науковій термометрії при вимірюванні температури?

5. На якому принципі дії ґрунтується спосіб виміру температури термопарами?

6. Яка залежність використовується при замірах температури термометрами опору?

7. Як поділяються термометри опору?

8. Назвіть види термометри розширення.

9. На якому принципі базується дія термометрів розширення?

10. На які види поділяються безконтактні (пірометри) термометри?

11. На якому принципі ґрунтується дія квазімонохроматичніих термометрів?

12. На якому принципі ґрунтується дія термометрів спектрального відношення?

13. На якому принцип ґрунтується дія термометрів повного випромінювання?

14. Чим відрізняється дія квазімонохроматичних термометрів від дії термометрів повного випромінювання?

15. Від яких факторів залежить вибір того чи іншого методу та приладів для вимірювання температури?

16. Який із способів і приладів термометрії можна вважати найбільш поширеними?

17. Які переваги має спосіб виміру температури термопарами?

18. Коли створюється електричний струм в термопарі?

19. Що представляє собою ефект Зеєбека?

20. Як може бути з’єднана термопара з приладом для вимірювання напруги?

21. Назвіть способи утворення робочого кінця термопари (з’єднання дротів).

22. Назвіть приклад використання термопар для оцінки температури поверхні тертя і поясніть в чому його суть.

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ ОБЛАДНАННЯ

1. Зразки для дослідження залежності температури поверхні тертя від швидкості ковзання та температури пришовної зони.
2. Дріт для виготовлення термопари.
3. Порошковий і пресований графіт.
4. Бура.
5 Абразивна шкірка.
6 Тигель для графіту і бури.
7 Прилад для замірів твердості за Віккерсом.
8 Лабораторний автотрансформатор.
9 Лабораторна піч для підігріву зразків.
10 Лабораторна установка для випробувань на опір зношуванню.
11 Джерело живлення дуги.

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Використовувані при виконанні роботи прилади підключаються до мережі змінного струму напругою 220 В. Тому існує небезпека враження електричним струмом, а також травмування диском верстата, що обертається.

Щоб попередити виникнення подібних нещасних випадків, а

також пошкодження апаратного забезпечення обладнання, необхідно виконувати певні вимоги безпеки.

1. Приступати до роботи після прослуховування інструктажу по техніці безпеки у керівника роботи і засвоєння матеріалу даних методичних вказівок.

2. Включати верстат і освітлювальний пристрій за дозволом викладача або лаборанта.

3. Виконувати тільки ту роботу, яка передбачена завданням.

4. Переконатися в надійності заземлення електродвигуна верстата, електроізоляції кабелю і проводів.

5. Виявляти особливу уважність і акуратність при роботі.

6. Не торкатися рухомих і струмоведучих частин обладнання.

7. Працювати на верстаті в спецодязі із застебнутими манжетами.

8. Повідомляти викладачеві або лаборанту про виниклі несправності обладнання, не намагатися усунути їх самостійно.

9. Виконувати роботу при наявності в лабораторії не менше двох осіб.

10. Після закінчення роботи вимкнути верстат і освітлювальний пристрій мікротвердоміра, привести в порядок робоче місце.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Отримати дроти для створення термопари.

2. Отримати порошок графіту, або пресований графіт та буру.

3 Якщо графіт пресований, то шляхом стругання отримати порошок.

4 Створити суміш графіту з бурою для зварювання термопари.

5 Зварити термопару і розклепати спай.

6 Провести наплавлення кромки деталі і контактним способом (шляхом притискання розклепаного спаю) провести заміри температури.

7. Провести заміри твердості в колошовній зоні.

8 Скласти звіт.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Найменування і мета роботи.
2. Коротко обґрунтувати необхідність проведення замірів температур на поверхні тертя деталей і колошовній зоні.
3. Привести опис способів замірів температур.
4. Обґрунтувати необхідність використання термопари в той час коли існують багато інших способів.
5. Дати опис технології зварювання термопари.
6. Коротко дати опис методики замірів температури і твердості.
7. Привести результати досліджень. Побудувати графіки.
8. Висновки.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Крамарухин Ю. Е. Приборы для измерения температуры. — М.: Машиностроение, 1990. 208 с.

2 Виглеб Г. Датчики: Пер. с нем. — М.: Мир, 1989. — 196 с.

3 Геращенко О. А. Тепловые и температурные измерения. Справочное руководство. К.: Накова думка, 1965, 304 с.

4 http://electricalschool.info/main/ekspluat/1649-beskontaktnoe-izmerenie-temperatury-pri.html

5 Линевег Ф. Измерение температур в технике. Справочник. Пер. с нем. под ред. Чариховой Л.А. М.: Металлургия. 1980. - 544 с.

6. http://www.metotech.ru/articles/art_termopary_4_web.pdf.

7. Никонов Н.В. Термопары. Типы, характеристики, конструкции, производство М.: ООО «МТК «Метотехника», 2015. 62 с.