

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи №1

«Дослідження процесів заповнення припоєм капілярних зазорів»
з дисципліни «Паяння металів» для студентів спеціальності
131 Прикладна механіка освітньої програми «Технології та
устаткування зварювання» всіх форм навчання

2022

Методичні вказівки до лабораторної роботи №1 «Дослідження процесів заповнення припоєм капілярних зазорів» з дисципліни «Паяння металів» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка освітньої програми «Технології та устаткування зварювання» всіх форм навчання / Укл.: Капустян О.Є. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2022. 10 с.

Укладачі: О.Є. Капустян, канд. техн. наук, доц.

Рецензент: М. Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доц.

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено
на засіданні кафедри ОТЗВ
Протокол № 11 від 24.06.22

Рекомендовано
до видання НМК ІФФ
Протокол № 11 від 28.06.22

ЗМІСТ

1 Мета роботи	4
3 Завдання на підготовку до лабораторної роботи.....	7
4 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи	7
5 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання	8
6 Вказівки з техніки безпеки	8
7 Порядок проведення лабораторної роботи	9
8 Зміст звіту	10
9 Рекомендована література	10

1 МЕТА РОБОТИ

Дослідження процесу заповнення капілярних зазорів у залежності від характеру підготовки поверхні.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Паяння як технологічний процес одержання з'єднань, знайшло особливо широке застосування для тих випадків, коли зазор між деталями, що з'єднуються, капілярний. Це забезпечує самовільне заповнення зазору припоєм під дією капілярних сил.

Види капілярної пайки:

- капілярна пайка готовим припоєм, при якій використовується готовий припій і формування шва відбувається при його охолодженні;
- контактно-реактивна капілярна пайка, при якій припій утворюється в результаті контактно-реактивного плавлення матеріалів, що з'єднуються і прокладок;
- реактивно-флюсова капілярна пайка, при якій припій утворюється в результаті виділення металу із флюсу;
- дифузійна капілярна пайка, при якій затвердіння паяного шва відбувається вище температури солідуса припою без охолодження;
- металокерамічна капілярна пайка, при якій наповнювач металу керамічного припою утворює розгалужений капіляр, що втримує при пайці рідку частину припою поза капілярним зазором.

Вимоги до припоїв та паяльних сумішей:

- температура плавлення припою повинна бути нижче температури плавлення металу, що паяється;
- припій має бути з високою рідкотекучістю, змочувати поверхні металів, розтікатися, проникати у вузькі зазори;
- припій повинен забезпечувати міцний зв'язок з матеріалами, що з'єднуються;
- корозійна стійкість паяних швів у матеріалі повинна бути однаковою, щоб уникнути електрокорозії;
- температурний коефіцієнт лінійного розширення (ТКЛР)

припою й основного металу мають бути однакові, щоб уникнути залишкових напруг і тріщин;

- припій не повинен у значній мірі знижувати міцність і пластичність матеріалів, що з'єднуються;

- електропровідність, теплопровідність і інші фізико-хімічні властивості припою та основного металу не повинні сильно відрізнятися.

При капілярному плинні розтікання рідин і змочування ними поверхні твердого тіла відбуваються в результаті незкомпенсованості енергії поверхонь твердої і рідкої фаз.

Робота, затрачена на подолання сил поверхневого натягу рідини при плинні в капілярі, визначається за виразом Лапласа:

$$P_1 - P_2 = \sigma_{1,2} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right), \quad (2.1)$$

де P_1, P_2 – тиск відповідно з увігнутої та опуклої сторін;

$\sigma_{1,2}$ – поверхневий натяг рідини на границі з газовим середовищем;

R_1, R_2 – радіуси кривизни поверхонь.

Поверхневий шар рідини, що має кривизну, робить на неї додатковий тиск, у порівнянні з тим, що вона зазнає при наявності плоскої поверхні. Це додатковий тиск і викликає капілярні явища.

При малому діаметрі капіляра (рис. 2.1, а) вільна поверхня рідини має сферу радіусу

$$R = \frac{d}{2 \cos \theta}, \quad (2.2)$$

де $\cos \theta$ – коефіцієнт змочування;

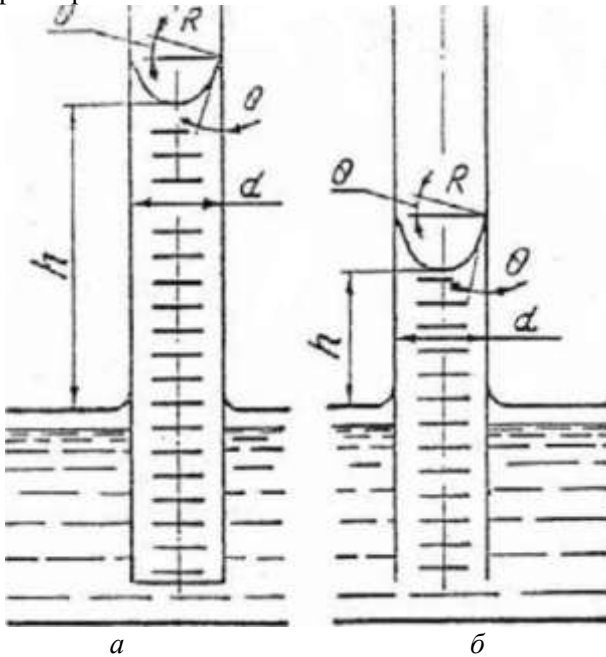
d – діаметр капіляра.

Користаючись виразами (2.1) і (2.2) та з огляду на те, що в капілярі різниця тисків поверхні врівноважується стовпом рідини pg , можна визначити висоту її підйому:

$$h = \frac{4\sigma_{1,2} \cos \theta}{d \cdot \rho \cdot g}, \quad (2.3)$$

де ρ – щільність рідини;

g – прискорення сили ваги.



а – по капілярі круглого перетину; б – у зазорі між рівнобіжними пластинами

Рисунок 2.1 – Схема підняття рідини

Якщо капілярний плин відбувається між двома рівнобіжними пластинами (рис. 2.1 б), висота підняття рідини

$$h = \frac{2\sigma_{1,2} \cos \theta}{d \cdot \rho \cdot g}, \quad (2.4)$$

Таким чином, висота капілярного підйому рідини прямо пропорційна її поверхневому натягу змочувальній поверхні і зворотно пропорційна діаметру капіляра та щільності рідини.

Плин розплавлених припоїв у реальних умовах паяння відрізняється від плину ідеальних рідин, що зв'язано з наступним:

а) у процесі заповнення зазору припоєм відбувається взаємодія його з металом, що паяється, це приводить до збільшення в'язкості розплаву і порушення вихідних умов плину;

б) розплав припою в процесі заповнення зазору змінить свою температуру внаслідок неоднакового нагрівання деталей, які

з'єднуються, нерівномірного розчинення матеріалу, що паяється, припоєм;

в) з утворенням у розплаві окремих кристалів порушується загальна закономірність плинності рідкої фази в зазорі.

Крім того, плин припою в зазорі залежить від характеру попередньої обробки деталей, що паяються, способу видалення окисної плівки та ін. Так як вплив усіх цих факторів теоретично врахувати важко, то на практиці висоту підняття припою h визначають на основі експериментів у виді залежності:

$$h = f \cdot d,$$

де d – значення зазору (рис. 2.1, б).

3 ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Необхідно з рекомендованих літературних джерел вивчити суть процесу паяння і техніку виконання цієї операції.

До заняття необхідно підготувати загальну частину звіту, в якій слід вказати назву і мету роботи, методику її виконання і навести таблицю для результатів експериментів.

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Чому змочуваність залежить від підготовки твердої поверхні?

2. Як впливає характер підготовки поверхні на висоту підняття припою в капілярному зазорі?

3. Чи впливає температура паяння на заповнення капілярного зазору припоєм?

4. Чому висота підйому рідини в капілярному зазорі в два рази менше підйому в капілярній трубці?
5. Перелічите і дайте характеристику методам капілярного паяння.
6. Якими особливостями характеризується процес руху припою в капілярі в порівнянні з ідеальними рідинами?
7. Від чого залежить висота підйому припою в капілярному зазорі?
8. Від чого залежить крайовий кут змочування?
9. Роль флюсу в процесі змочування твердого тіла припоєм.
10. Роль припоїв в утворенні паяних з'єднань.

5 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1. Муфельна піч із приладом для регулювання температури.
2. Ванна з припоєм.
3. Інструменти: штангенциркуль, пінцет, терпуг, абразивна шкурка різної зернистості.
4. Припій олов'яно-свинцевий ПОС-40.
5. Флюс.
6. Пластини зі сталі Ст3 2 мм × 40 мм × 80 мм – 10 шт.
7. Відрізки дроту діаметром 1 мм, довжиною 80 мм – 5 шт.

6 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

При виконанні робіт з паяння опускання зразків у ванну з розплавленим припоєм варто робити повільно, не допускаючи бризок і влучення припою на відкриті ділянки шкіри.

Встановлення ванночки у піч і її виїмку повинні виконуватися за допомогою щипців з довгими ручками чи плоскогубцями з обов'язковим захистом кистей рук брезентовими рукавичками. Не дозволяється поправляти зразки безпосередньо в печі. Стежити за тим,

щоб під час роботи з рідким припоєм він не був пролитий на підлогу, одяг і ін.

Припої і флюси містять речовини, які, потрапляючи в шлунок, можуть викликати отруєння. Тому після закінчення роботи і перед прийняттям їжі необхідно ретельно вимити руки.

Не допускаються до роботи студенти, що не пройшли інструктаж з техніки безпеки і не ознайомлені з пристроєм і принципом роботи устаткування.

7 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Зробити підготовку однієї сторони поверхні двох пластин по варіантах.

Варіант А: зачистити грубою шкуркою, створюючи спрямовані ризики на поверхні пластин уздовж сторони довжиною 80 мм.

Варіант Б: зачистити грубою шкуркою, створюючи спрямовані ризики на поверхні пластин поперек сторони довжиною 80 мм.

Варіант В: зачистити дрібною шкуркою.

Варіант Г: зачистити дрібною шкуркою й облудити.

Варіант Д: поверхню пластин залишити не підготовленою.

2. Зробити маркірування пластин.

3. Нанести флюс на оброблені поверхні пластин і зібрати їх попарно із зазором, утвореним вставкою дротиків на краю пластин.

4. Встановити зразок (підготовлений по одному з варіантів) у ванну з розплавленим припоєм. Глибина занурення зразка не більш 5 мм.

5. Помістити ванну зі зразком у піч і витримати в плинні 4 хв.

6. Витягти ванну зі зразком з печі, остудити верхню частину зразка і вийняти його пінцетом.

7. Промити зразок від залишків активного флюсу в проточній воді.

8. Зруйнувати зразок.

9. Виконати операції за п. 3 – п. 8 для зразків, підготовлених по інших варіантах.

10. Зробити вимір висоти підйому припою в залежності від характеру підготовки поверхні. Отримані дані занести в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Результати дослідження капілярних зазорів

Показник	Варіант підготовки поверхонь				
	А	Б	В	Г	Д

8 ЗМІСТ ЗВІТУ

Короткі дані по теорії заповнення капілярних зазорів, результати отриманих дослідів, їх пояснення і висновки по них.

9 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Лашко Ф.В., Лашко Н.Ф. Пайка металлов. - М.: Машиностроение, 1988 - 376 с.

2. Справочник по пайке / Под ред. И.Е. Петрунина, - 2-е изд. - М. : Машиностроение, 1984. - 400 с.