

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи №2

«Паяння сталі і чавуну високотемпературними припоями»
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 №2 «Паяння сталі і чавуну високотемпературними припоями» 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	8
5 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання	8
6 Вказівки з техніки безпеки	9
7 Порядок проведення лабораторної роботи	9
8 Зміст звіту	10
9 Рекомендована література	10

1 МЕТА РОБОТИ

Опанування техніки газополуменевого паяння сталі і чавуну високотемпературними мідними припоями.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Процес паяння деталей може здійснюватись з використанням припоїв із низькою ($< 450^{\circ}\text{C}$) і високою ($> 450^{\circ}\text{C}$) температурою плавлення.

Припої з температурами плавлення вищими за 450°C називаються твердими, і відповідно до температур плавлення поділяються на:

- середньоплавкі (від 450°C до 1100°C);
- високоплавкі (від 1100°C до 1850°C);
- тугоплавкі (більше 1850°C).

Паяння з використанням таких припоїв називається твердим або високотемпературним, а інколи срібним. Найчастіше в якості твердих припоїв виступають сплави міді з цинком або із сріблом.

Срібний припій часто застосовується у виробництві для з'єднання металевих деталей, зварювання яких є з різних причин неможливим. Сплави, що використовуються при цьому, містять високу долю срібла (до 40%) і можуть містити кадмій.

У ювелірній справі застосовується спеціальні тверді припої, які проходять металознавчу експертизу. Вони містять високу концентрацію тих металів, для спаювання яких вони призначені і при цьому не мають в своєму складі свинцю. Ці припої різняться за твердістю і визначаються як «емальовальні», «тверді», «середні» і «легкі». Припої для емальовання мають високу температуру плавлення, дещо нижчу ніж у основного матеріалу, для запобігання невимушеного відпаювання з'єднань в процесі емальовання. В процесі виготовлення виробу, припої інших типів використовуються в порядку зниження степеня їх «твердості», для запобігання

відпаюванню вже існуючих швів та з'єднань в процесі паяння нових ділянок. Легкий припій також часто використовується при ремонті з тих самих причин Флюс або «ювелірні рум'яна» (оксид заліза (III), відомий як «залізний сурик») також застосовується для запобігання відпаюванню з'єднань.

При паянні твердими припоями необхідно застосовувати більш ефективні методи нагріву ніж звичайні паяльники. Придатним для цього електричним приладом є спеціальні кліщі для електроконтактного паяння, в яких з'єднувані деталі затискаються між вугільними електродами і через них пропускається великий струм. Також можуть використовуватися апарати газового зварювання, пристрої для індукційного плавлення вихровими струмами, а в окремих випадках і паяльні лампи.

Найбільш розповсюдженими видами високотемпературних припоїв для паяння різних типів конструкційних матеріалів є срібні, нікелеві і мідні припої (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Припої для високотемпературного паяння

Марка або склад	Область застосування
Срібні (ГОСТ 19738–80)	
ПСр-10	Паяння деталей, що піддаються нагріванню до 800° С
ПСр-12	Паяння міді та латуні з вмістом міді 58%
ПСр-25	Паяння дрібних деталей, що потребують чистоти шва і високих пластичних властивостей
ПСр-45	Паяння відповідальних мідних і бронзових деталей для збереження високої електропровідності та пластичності шва
ПСр-65	Паяння стрічкових пил
ПСр-70	Паяння струмоведучих частин
Мідно-цинкові (ГОСТ 23137–78)	
ПМц-36	Паяння латуні Л59, легованих латуней
ПМц-48	Паяння латуні
ПМц-54, Л62	Паяння міді, бронзи, сталі
ЛОК 62-06-04	Паяння деталей зі сталі і чавуну
Л63, Л68	Паяння вуглецевих сталей і міді
МЦН 48-10 ЛК 62-05	Паяння сірого чавуну

ЛОК 59-1-03	
Мідно-фосфорні	
ПМФОПР 6-4-0,03	Паяння міді та її сплавів.
Кремне-мідно-алюмінієві	
№ 34 (Si 6%, Cu 28%, Al 66%)	Для паяння алюмінію і його сплавів. Задовільна стійкість швів проти корозії

Срібні припої є високотехнологічні, забезпечують високу якість паяних з'єднань на різних конструкційних матеріалах, але є дорогими. Нікелеві припої використовують для паяння жароміцних сталей і сплавів. Мідні припої є найбільш розповсюдженими для високотемпературного паяння різноманітних конструкційних матеріалів. Вони відзначаються досить хорошими технологічними характеристиками. І хоча вони в цьому відношенні дещо поступаються срібним припоям, зате є значно дешевшими й доступнішими, що обумовило їх широке використання в різних галузях техніки.

Високотемпературні припої відзначаються більш високими експлуатаційними характеристиками: температуростійкістю, міцністю, корозійною стійкістю та ін.

До мідних припоїв відноситься технічна мідь, а також її сплави з цинком, нікелем або фосфором.

Мідь відзначається низькою пружністю парів у вакуумі і широко використовується для високотемпературного паяння у вакуумі вуглецевих і легованих сталей, чавунів, нікелю і його сплавів. Однак при паянні в окислювальних середовищах у паяних швах виникають пори і гарячі тріщини через утворення евтектики $Cu-Cu_2O$.

Мідно-цинкові припої використовують для паяння міді, сталей і чавунів при швидкому нагріванні на повітрі газовим пальником, струмом високої частоти, або в соляних ваннах.

Вони мають більш низьку температуру плавлення у порівнянні з міддю ($860^{\circ}C - 925^{\circ}C$), досить високі корозійні властивості, міцність і пластичність. Найбільш розповсюдженими мідно-цинковими припоями є ПМЦ-36, ПМЦ-48, ПМЦ-54, Л-62, ЛОК-62-06-04. Паяння мідно-цинковими припоями здійснюють з використанням флюсів на основі бури і борної кислоти. Для паяння у вакуумних і газових печах їх не використовують через випаровування цинку.

Не рекомендується використання мідно-цинкових припоїв для

паяння нержавіючих сталей через можливість утворення тріщин. Паяння цих сталей здійснюють мідно-нікелевими або срібними припоями.

Мідно-фосфористі припої використовують тільки для паяння міді і її сплавів. Для паяння сталей і чавунів вони не використовуються через утворення крихких фосфідів заліза в паяних швах.

Паяння високотемпературними припоями на мідній основі може здійснюватись як капілярним так і некапілярним способом. При паянні капілярним способом величина зазору між кромками деталей складає 0,05 мм – 0,15 мм. При некапілярному паянні використовуються такі ж типи з'єднань і розробки кромок, як і при газовому зварюванні.

Кромки деталей перед паянням повинні бути очищені від бруду, мастил і окисних плівок. Чавунні деталі перед паянням відпалюють в печі при 350° С, або прогрівають окислювальним полум'ям газового пальника з метою усунення графітових включень із паяних поверхонь і випалювання з них мастила.

3 ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

При підготовці до лабораторної роботи необхідно з рекомендованих літературних джерел вивчити техніку паяння сталей і чавунів високотемпературними мідними припоями.

До проведення роботи необхідно підготувати загальну частину відчиту, в якій слід вказати назву і мету роботи, методику її виконання і накреслити таблицю для записування результатів експериментів.

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Суть процесу паяння металів і його різновидності з точки зору формування паяного шва.
2. Які види припоїв використовуються для високотемпературного паяння сталей і чавунів?
3. Які переваги й недоліки застосування мідних припоїв для цих цілей? Їх різновидності.
4. Які флюси використовуються для високотемпературного паяння мідними припоями?
5. Яка причина утворення кристалізаційних тріщин при паянні мідними припоями?
6. Яка причина утворення пор в паяних швах?
7. Як готуються деталі до процесу паяння?
8. Яка техніка виконання процесу паяння?

5 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1. Пластини із сталі Ст3 $\delta = (4-5)$ мм з прямими і скошеними під кутом 30° кромками.
2. Пластини із сірого чавуну з аналогічною підготовкою кромки.
3. Дріт присадний мідно-цинковий марки Л-62 і мідний марки М1 діаметром 3 мм – 4 мм.
4. Флюс для високотемпературного паяння ПВ-201 або бура.
5. Пост газополуменового зварювання з пальником Г2 або Г3.
6. Обценьки.
7. Молоток.
8. Лещата.
9. Терпух.

6 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. Роботи по високотемпературному газовому паянню проводити на робочих постах газового зварювання металів при включеній витяжній вентиляції.
2. При формуванні газового полум'я спочатку відкривати кисневий вентиль, потім ацетиленовий і запалити полум'я, а потім за допомогою вентилів відрегулювати його потужність і характер.
3. При виконанні робіт по паянню одягнути халат, рукавиці і захисні окуляри.
4. Нагріті і запаяні зразки брати тільки обценьками.
5. При гасінні газового полум'я закрити спочатку ацетиленовий вентиль на пальнику і потім кисневий.
6. Ламати чавунні зразки слід в захисних прозорих окулярах.
7. Ламати зразки необхідно обережно, щоб не отримати травму при їх руйнуванні.

7 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Зачистити терпухом торці і кромки сталейних і чавунних пластин.
2. Зібрати встик сталеві пластини з прямими кромками без зазору (капілярні зазори будуть забезпечені за рахунок нерівностей при їх обробці терпухом).
3. Нагріти газовим пальником кромки деталей і мідний присадний дріт до 350°C – 450°C (з'являться кольори побіглості) і нанести порошковий флюс на кромки і кінець присадного дроту.
4. Нагріти кромки деталей до червоного кольору ($\sim 650^{\circ}\text{C}$ – 700°C) і знову посипати їх флюсом.
5. Нанести розплавлену мідну присадку на кромки деталей, прогріваючи її полум'ям пальника до повного розтікання по поверхні кромки стику.
6. Охолодити пластини і візуально оцінити якість формування

паяного шва.

7. Повторити операції 2–6 для сталених пластин з розробкою кромки і запаяти їх мідною присадкою.

8. Виконати процес капілярного паяння сталених пластин встик мідно-цинковим припоєм згідно рекомендацій пунктів 2–6.

9. Аналогічним способом провести процес паяння чавунних пластин мідно-цинковим припоєм.

10. Оцінити якість паяних швів на зразках зовнішнім оглядом і за допомогою молотка і лещат зламати запаяні зразки.

11. Уважно розглянути злами паяних швів і оцінити наскільки повно пропаялись стики, а також наявність в них внутрішніх дефектів у вигляді пор, шлакових включень і кристалізаційних тріщин.

12. Результати спостережень занести в таблицю 7.1.

13. Провести аналіз отриманих результатів, пояснити причини виникнення виявлених дефектів і зробити висновки по роботі.

Таблиця 7.1

Матеріал зразку	Від з'єднання	Флюс	Якість формування паяного шва	Виявлені внутрішні дефекти

8 ЗМІСТ ЗВІТУ

У звіті до лабораторної роботи вказати її назву, мету і методику виконання, навести таблицю із записом результатів експериментів, їх аналіз і висновки по роботі.

9 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

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