

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи № 5

«Дослідити технологічний процес конденсаторного точкового зварювання. Вивчити елементи конструкції машини ТКМ-7»

з дисципліни «Технологія та устаткування зварювання тиском»

для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка»
освітніх програм «Технології та устаткування зварювання» та
«Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій»
усіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 5 «Дослідити технологічний процес конденсаторного точкового зварювання. Вивчити елементи конструкції машини ТКМ - 7» з дисципліни «Технологія та устаткування зварювання тиском» для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка» освітніх програм «Технології та устаткування зварювання» та «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» усіх форм навчання / Укладачі: В.В. Нетребко, Р.А. Куликовський. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024р. – 17с.

Укладачі: В.В. Нетребко, професор, докт. техн. наук
Р.А. Куликовський, доцент, канд. техн. наук

Рецензент: М.Ю. Осипов, доцент, канд. техн. наук

Відповідальний
за випуск: В.В. Нетребко, професор, докт. техн. наук

ЗАТВЕРДЖЕНО:
на засіданні кафедри ІТЗ та МК
Протокол №5 від 29.11.2024 р.

Рекомендовано
до видання НМК ІФФ
Протокол №4
від 17.12.2024 р.

ЗМІСТ

1 МЕТА РОБОТИ	4
2 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	4
3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ.....	8
4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТИ, ПРИЛАДИ І ОБЛАДНАННЯ	8
5 ВКАЗІВКИЗ ОХОРОНИ ПРАЦІТА ТЕХНІКИБЕЗПЕКИ.....	12
6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ.....	13
7 ЗМІСТ ЗВІТУ	16
РЕКОМЕНДОВАНАЛІТЕРАТУРА.....	16
Рекомендовані інформаційні джерела	16

1 МЕТА РОБОТИ

Дослідження та аналіз впливу головних параметрів режиму точкового конденсаторного зварювання на якість зварних з'єднань та вивчення конструкції, принципу дії та технологічних можливостей машини ТКМ-7.

2 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Конденсаторне точкове зварювання – це різновид точкового контактного зварювання тиском, при якому електрична енергія, необхідна для нагріву зварюваних деталей, запасається в електричних конденсаторах, а після безпосередньо або через зварювальний трансформатор короткочасно витрачається на зварювання. Накопичувану енергію в конденсаторах можна виразити формулою:

$$E = \frac{C U^2}{2},$$

де C – ємність конденсаторів, мкФ; U – напруга, В.

Конденсаторне зварювання здійснюється за допомогою нагрівання попередньо стиснутих заготовок короткочасним імпульсом енергії. Електроенергія батареї конденсаторів накопичується від силової мережі. Завдяки можливості регулювання ємності батареї конденсаторів є можливість точно дозувати накопичену нею енергію для зварювання. Конденсатори можуть розряджатись безпосередньо на виріб (стикове зварювання) або на первинну обмотку зварювального трансформатора. Більш поширений другий спосіб. Таким способом здійснюється точкове, рельєфне, шовне і стикове зварювання.

Схему точкового зварювання з розрядженням конденсаторів на первинну обмотку зварювального трансформатора наведено на рис. 2.1. Струм від мережі через підвищувальний трансформатор T_B і випрямляч В надходить на заряджання батареї конденсаторів C . За допомогою перемикача K конденсатори підключаються для заряджання або розряджаються на первинну обмотку зварювального

трансформатора T_3 і зварювані вироби. Під час лівого положення ключа K батарея конденсаторів C заряджається від джерела постійного струму, при правому його положенні – батарея конденсаторів розряджається через зварювальний трансформатор T_3 на зварювані заготовки.

Точкове зварювання деталей малої товщини із сталей і сплавів у різних сполученнях вимагають точного дозування енергії. Цим вимогам відповідають конденсаторні машини для точкового зварювання.

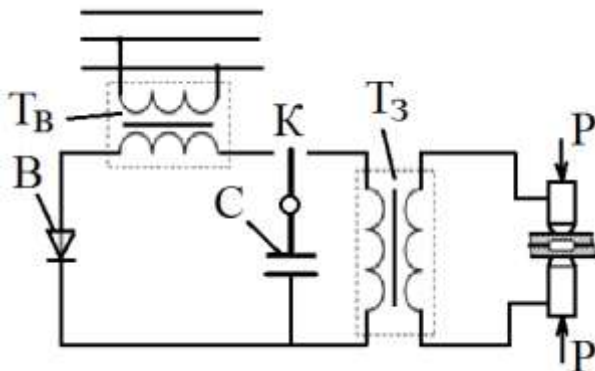


Рисунок 2.1 – Схема точкового зварювання на конденсаторній машині

Існує два різновиди конденсаторного зварювання:

- без трансформаторне зварювання, при якому конденсатори розряджаються безпосередньо на зварюваний виріб;

- трансформаторне зварювання – конденсатори розряджаються на первинну обмотку зварювального трансформатора, а зварювані заготовки знаходяться в зварювальному контурі, зв'язаному зі вторинною обмоткою трансформатора.

Найбільш поширене зварювання з розрядом через знижуючий трансформатор, що індукує великі короточасні імпульси струму через попередньо стиснені деталі. Зарядна напруга конденсаторів в машинах малої потужності – 400...500 В, а в машинах середньої і великої потужності – 3000...6000 В. Іноді використовують низьковольтні конденсатори (400 В). Накопичувальна енергія змінюється від 200 до 50000 Вт·с. Величину цієї енергії і форму

кривої струму змінюють, регулюючи U , C і K_T (коефіцієнт трансформації). До режимів конденсаторного зварювання відносять:

- зварювальний струм $I_{ЗВ}$, А;
- час розряду конденсатора (час зварювання) t , с;
- зусилля зварювання деталей $F_{ЗВ}$, Н.

Форма і амплітуда зварювального струму $I_{ЗВ}$ змінюються в залежності від величини ємності конденсаторів C_P , зарядної напруги $U_{ЗВ}$ та коефіцієнта трансформації K_T (рис. 2.2).

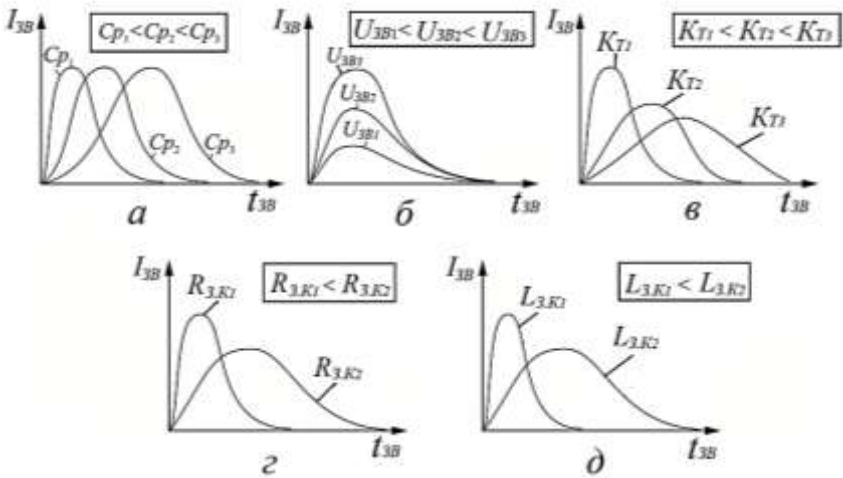


Рисунок 2.2 – Залежність форми й амплітуди зварювального струму від ємності конденсаторів (а), зарядної напруги (б), коефіцієнта трансформації (в), активного опору зварювального контуру (г) та індуктивності зварювального контуру (д)

З підвищенням U_i та C_P зростає максимальний струм і підвищується тривалість розряду. З підвищенням коефіцієнта трансформації K_T максимальний струм зменшується, тривалість розряду збільшується. При збільшенні ємності максимальне значення струму не росте, проте помітно збільшується тривалість розряду, тобто час зварювання $t_{ЗВ}$. Зменшення зарядної напруги суттєво знижує амплітуду зварювального струму при практично незмінному часу зварювання. За збільшенні коефіцієнту трансформації зварювальний струм зменшується, а час зварювання збільшується. На величину

зварювального струму також впливають активний опір $R_{з.к}$ та індуктивність зварювального контуру $L_{з.к}$, які залежать від його розміру. Так при збільшенні вольту електродів струм зменшується, а час зварювання збільшується.

Конденсаторне зварювання має ряд технологічних та енергетичних переваг:

- низький рівень потужності, яка споживається з мережі живлення, тому що накопичення електричної енергії у конденсаторах відбувається значно повільніше, ніж її втрати;

- практично постійний рівень та контрольована кількість електричної енергії, яка витрачається на кожну операцію зварювання, що гарантує високу стабільність процесу;

- малий час зварювання та висока щільність струму сприяють концентрованому виділенню тепла і забезпечують мінімальні втрати теплової енергії у електродах та малу зону термічного впливу на метал деталей;

- концентроване виділення тепла дозволяє виконувати зварювання металів з високими тепло- й електропровідністю (Al, Cu та їх сплави), металів з істотно відмінними теплофізичними властивостями, а також деталей малої чи різної товщини;

- у зв'язку з незначним часом процесу зварювання та відносно великою паузою між з'єднанням двох точок, точкове конденсаторне зварювання можливо виконувати при природному (повітряному) охолодженні електродів;

- процес конденсаторного зварювання легко автоматизується та механізується.

Конденсаторне зварювання використовується в приладобудуванні, дрібному машинобудуванні, радіотехніці, виробництві засобів зв'язку і т. д. Його доцільно застосовувати для:

- з'єднання однорідних металів: сталей різних класів, листових заготовок з латуней, бронзи, тугоплавких металів, нікелевих, титанових, алюмінієвих сплавів товщиною від 0,001 до 2 мм та стержневих заготовок перерізом до 20 мм, а також для приварювання тонких пластин до більш товстих;

- зварювання різномірних матеріалів сталь + (латунь, ніхром, бронза, нікель), фосфориста бронза + (латунь, срібло, нікель) та інші.

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

3.1. Поясніть роботу кінематичної схеми машини ТКМ-7.

3.2. Як відбувається регулювання параметрів режиму зварювання і як впливають останні на якість зварних з'єднань?

3.3. Які галузі переважно використовуються для конденсаторного зварювання?

3.4. Які сплави використовують при виготовленні електродів машин конденсаторного точкового зварювання?

3.5. У чому полягає ефект Пельтьє під час конденсаторного зварювання?

3.6. Як зварювальник регулює тривалість стадії «Стискання» циклу зварювання на машині ТКМ-7?

3.7. Які неполадки електричної або кінематичної схем можуть викликати відсутність струму у машині ТКМ-7?

3.8. У чому полягають основні переваги та недоліки конденсаторного точкового зварювання?

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТИ, ПРИЛАДИ І ОБЛАДНАННЯ

1. Конденсаторна машина ТКМ-7 призначається для точкового контактного зварювання деталей з листових однорідних та різнорідних металів товщиною від $0,02+0,02$ мм до $0,7+0,7$ мм. Метали товщиною $0,02...0,4$ мм можна приварювати до металевої пластини товщиною до 50 мм. На цій машині можна зварювати заготовки з низьковуглецевої та високолегованої сталі, сплавів міді, алюмінію, нікелю та титану, а також тугоплавких металів, таких як тантал, вольфрам та ін. Технічні характеристики конденсаторної машини ТКМ-7 наведено в табл. 4.1.

Конструктивно конденсаторна машина оформлена у вигляді шафи з невеликим робочим столиком (рис. 4.1). Машина має металевий корпус 1, в середині якого знаходиться підвищуючий трансформатор 2, випрямляч 3, блок конденсаторів 4 та знижуючий трансформатор 5.

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики конденсаторної машини ТКМ-7

Показник	Величина
Напруга первинна, В	220
Потужність середня, що живиться від мережі, Вт	200
Межі регулювання ємності, мкФ	5...295
Коефіцієнти трансформації зварювального трансформатора	120; 160; 200; 240
Межі регулювання зусилля стискання електродів, Н	1...56
Продуктивність машини при максимальній ємності конденсаторів, точок/год	600
Робочий хід верхнього електрода при номінальній величині вильоту, мм	15
Габарити, мм	1400×830×700
Маса, кг	150

В верхній частині передньої стіни корпусу розмішені (над робочим столиком): механізм стискання 6, перемикач із штепсельними гніздами 7 для регулювання ємностей батареї конденсаторів та коефіцієнта трансформації знижуючого трансформатора 5, сигнальна лампа 8, індикатор зарядки 9, індикатор напруги 10, вмикач живлення машини 11. В нижній частині шафи розміщена педаль машини 16 з ричажним механізмом 12, для процесу стискання деталей між електродами 13 і ввімкнення зварювального струму. На лівій стіні шафи, розміщене гніздо 14 для підключення машини до мережі 220 В, 50 Гц. Механізм стискання машини представляє собою важіль з пересувними гирями 15. Цей важіль з'єднаний з цапфами хомутика 16, закріпленого на штоці механізму прикладання зварювального зусилля. До наконечника штоку за допомогою гнучкої мідної шини підводиться один із кінців вторинної обмотки зварювального трансформатора. У корпусне гніздо цього наконечника вставляється верхній електрод. Нижній електрод закріплюється у корпусному гнізді тримача електрода.

Одночасно кінець тримача закріплюється у гнізді спеціальної траверси. До цієї траверси вмикається другий вихід зварювального трансформатора. Регулювання відстані між верхнім і нижнім електродами відбувається підніманням чи опусканням штока у кронштейні з підшипниками.

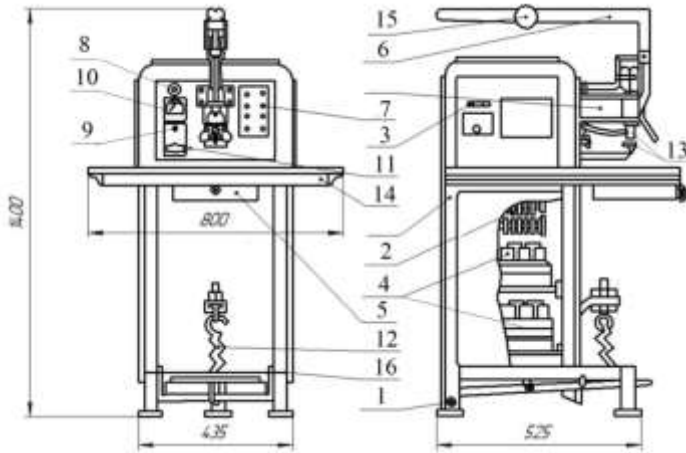


Рисунок 4.1 – Загальний вигляд машини ТКМ-7

Затиснення штока у потрібному положенні виконується хомутиком вручну. Стиснення і розтискання електродів, а також вмикання зварювального струму відбувається натисненням педального механізму.

Кінематична схема машини (рис. 4.2) працює наступним чином. За відсутності побічного втручання педаль 15 піднята вгору пружиною 14. Натискання педалі ногою до смикання упорного важеля педалі 9 із пружинним упором 8 викликає підйом тяги 7 у верхньому вуху 4 у якого є подовжній паз. Якщо педальний механізм врегульовано вірно, кінець важеля із противагою 3 повинен знаходитися у середині паза. Завдяки цьому педальний механізм звільнюється від механічного зв'язку із рештою кінематичної схеми. Коли тяга підіймається, шток 11 із верхнім електродом 12 вільно опускається вниз і стискає деталі, які знаходяться на нижньому електроді 13.

Електрична схема машини ТКМ-7 показана на рис. 4.3. Коли подається напруга на її вхідні затискачі і вмикається двополюсний вимикач *SA*, живлення отримує первинна обмотка стабілізуючого трансформатора *T1*. Після цього миттєво починається зарядка конденсаторів *C1* від селенового випрямляча *V*, який ввімкнений за двополуперіодною схемою. Зарядка триває не більше 0,5 с.

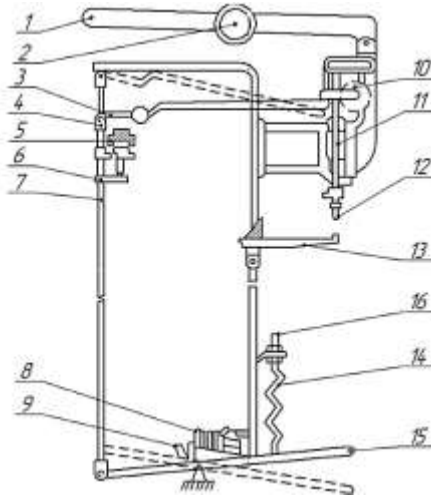


Рисунок 4.2 – Кінематична схема машини ТКМ-7

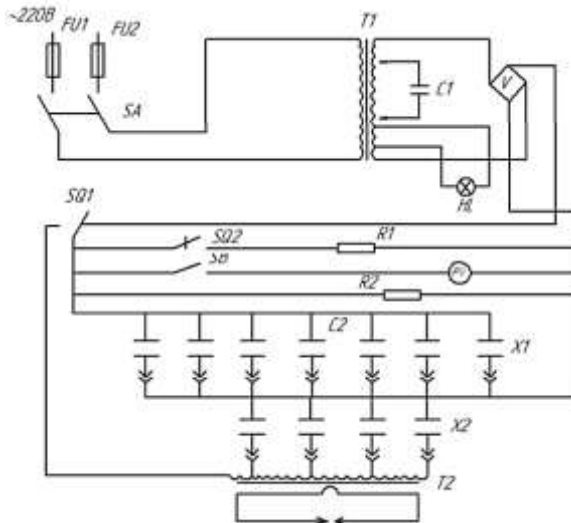


Рисунок 4.3 – Електрична схема машини ТКМ-7

Кількість конденсаторів (які заряджаються) залежить від кількості штекерів, які вставляють до правого ряду штепсельних роз'єднувачів перемикача X1. Потім, коли перемикається рухома

планка перемикача SQ1 із правого положення до лівого, відбувається розмикання мережі зарядки конденсаторів та їх негайне розрядження в первинну обмотку зварювального трансформатора T2, що викликає виникнення імпульсу зварювального струму на деталях стиснутих електродами. Після відпускання педалі відбувається перемикавання рухомої планки SQ1 із лівого положення до правого, конденсатори знову заряджуються до зварювання наступної точки.

У зварювальному трансформаторі T2 регулювання коефіцієнта трансформації відбувається переставленням штекера до одного з положень у лівому ряду перемикача X2. Індикатор напруги PV потрібен для періодичного контролю напруги на конденсаторах та для перевірки їх працездатності. Кнопка SB, яка є у мережі індикатора, в нормальному положенні знаходиться у вимкненому стані. Сигнальна лампа HL свідчить, що схема машини знаходиться під напругою мережі. Для безпечної експлуатації машина ТКМ-7 має:

- механічне блокування, яке робить неможливим знімання задньої кришки машини, поки не буде виїнята штепсельна колодка із шнуром мережевого живлення;
- електричне блокування, яке забезпечує повний розряд конденсаторів на розрядний опір R1, що вмикається контактами кінцевого вимикача SQ2, ці контакти вмикаються при відкритті задньої кришки машини;
- баластний опір R2, який повністю гасить (за 25...30 с) залишковий заряд конденсаторів після вимикання машини із мережі живлення.

2. Заготовки для зварювання (стержні або пластини з низьковуглецевої сталі або сплавів алюмінію).

3. Заточувальний верстат або напилек.

5 ВКАЗІВКИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

До лабораторних (практичних) робіт допускаються студенти після інструктажу з охорони праці, при роботі з електроустановками до 1000 В та пожежної безпеки.

Забороняється вмикати електричні прилади та обладнання без дозволу завідуючого лабораторією або викладача.

Для захисту від бризок та виплесків металу при зварюванні студент повинен працювати в спеціальних прозорих окулярах або за

прозорими щитами та мати відповідний спецодяг. Перебуваючи біля рухомих частин машин при подачі повітря та електричного живлення необхідно дотримуватися заходів безпеки (можливе спрацювання пневматичного приводу машини при несправних регуляторі або елементах пневматичного пристрою).

Вимірювання необхідно виконувати тільки після відключення машин від мережі автоматичним вимикачем. Рукоятку автомата необхідно перевести в положення «вимкнено».

У випадку виявлення неполадок обладнання студент повинен негайно повідомити викладача або завідуючого лабораторією.

У випадку виникнення пожежі або враження електричним струмом студенти повинні діяти у відповідності із затвердженими інструкціями з охорони праці та пожежної безпеки.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

6.1. Перед тим, як приступати до виконання лабораторної роботи студент зобов'язаний вивчити методичні вказівки, або за допомогою рекомендованої літератури самостійно ознайомитися з матеріалами конкретних робіт; вивчити інструкцію по техніці безпеки; відповісти на контрольні запитання викладача та отримати у нього дозвіл на виконання роботи.

6.2. Студенти ознайомлюються з технологічним процесом та обладнанням для контактного зварювання. Готують машину ТКМ-7 до роботи. Вибирають потрібні для зварювання зразки та пару електродів. Орієнтовний діаметр електродів вибирають в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Орієнтовні режими на машині ТКМ-7

Товщина деталей, мм	Зусилля стискання, Н	Ємність конденсаторів, мкФ	Діаметр електродів, мм
0,02...0,08	До 29,43	5...20	1,0...1,25
0,08...0,15	29,43...58,86	20...40	1,25...1,5
0,15...0,25	58,86...88,29	40...80	1,5...1,75
0,25...0,35	88,29...147,15	80...120	1,75...2,0
0,35...0,50	147,15...245,25	120...160	2,0...2,25
0,50...0,80	245,25...490,5	160...295	2,5...3,0

За відсутністю електродів потрібного діаметру припустиме зварювання електродами діаметром 2,0...2,5 мм для товщини

0,02...0,5 мм та 2,75...3,0 мм – для більшої товщини. В цьому випадку для малих товщин зварюваного металу необхідно дещо збільшити зусилля стискання та ємність конденсаторів. Закріпити електроди в машині з урахуванням їх співвісності. Якщо електроди не співвісні, тоді шляхом переміщення тримача електроду (попередньо послабивши гайки) зробити їх співвісними.

Перевірити паралельність контактних поверхонь електродів та вирівняти їх за допомогою напилку. Встановити та закріпити на важелі вантажі, які необхідні для отримання потрібного зусилля стискання зварюваних деталей. Виміряти кілька разів зусилля на електродах динамометром при різних положеннях вантажу, переміщуючи його на важелі. Занести отримані експериментальні дані в таблицю 6.2.

Таблиця 6.2 – Дослідні режими конденсаторного зварювання

№ п/п	Матеріал заготовки	Товщина заготовки δ , мм	Коефіцієнт трансформації K_t	Ємність C , мкФ	Діаметр електродів, мм	Зварювальне зусилля виміряне динамометром $F_{зв}$, Н	Розрахункове зварювальне зусилля $F_{зв}$, Н	Оцінка якості зварного з'єднання

Здійснити порівняльний аналіз отриманих експериментальних даних та теоретичного розрахунку. Зробити висновки щодо відповідності отриманих результатів. Встановити шток з верхнім електродом у робоче положення, тобто у відповідності до сумарної товщини зварюваних деталей.

Для цього необхідно:

- розмістити на нижньому електроді зварювані деталі;
- натиснути педаль до упору;
- вивільнити за допомогою крутенця хомутик штока, опустити його до суміщення з верхньою зварюваною деталлю та у такому положенні затиснути хомутик.

Встановити робочу ємність конденсатора (табл. 6.1) та коефіцієнт трансформації зварювального трансформатора. Приєднати машину до джерела змінного струму напругою 220 В та ввімкнути вимикач мережі.

Перед зварюванням виконати підготовку зразків. Поверхню зразків перед зварюванням очистити від жиру, фарби, лаку окислів та інших забруднень. Видалення жиру, мастила та фарби здійснювати ацетоном, бензином або іншими розчинниками. Чистота механічної обробки поверхні кромek зразків повинна бути не нижче 4-го класу за ГОСТ 2789-73. Зачищення зварюваних поверхонь може здійснюватися хімічним травленням, електрополіруванням та шмергеливим папіром із зерном №10 з наступним промиванням бензином або розчинником. Зразки не повинні мати вм'ятин та деформованих діляниць в місцях, призначених для зварювання.

Проведення зварювання здійснюється в наступній послідовності:

- зварювані зразки покласти на контактну поверхню нижнього електроду;
- натиснути ногою на педаль (повільно, спочатку до стиснення деталей, а потім різко до кінцевого упору) та здійснити зварювання;
- відпустити педаль і зняти зварену деталь, або пересунути її далі, щоб повторити процес зварювання. Змінюючи режими зварювання в межах, які вказані у таблиці 6.1, отримати найбільш якісне з'єднання.

Контроль якості зварювання виконують зовнішнім оглядом неозброєним оком, а у сумнівних випадках використовують лупу з чотирикратним збільшенням.

Необхідно встановлювати:

- розміри зварних точок;
- відсутність зварювальних дефектів.

До дефектів зварювання відносять: непровар, пропал та виплески зовнішні та внутрішні. Розміри зварних точок повинні відповідати технологічним вимогам, відбитки електродів повинні мати чітко виражені межі та рівномірну глибину вм'ятин. Непровар перевіряється технологічною пробою, для чого зразок піддається руйнуванню в лещатах.

6.3. Проводять дослідження та визначають різницю в зонах зварювання опором та оплавленням, на зразках запропонованих викладачем.

6.4. Зробити ескізи досліджуваних зразків (об'єктів).

6.5. Оформлюють звіт на загальних засадах. Роблять опис та призначення елементів обладнання.

6.6. Опрацювати контрольні запитання.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт по виконаній роботі повинен містити наступні відомості:

- мета роботи;
- опис методики проведення експериментів чи досліджень;
- результати експериментів чи досліджень відобразити у вигляді таблиць, графіків чи ескізів або опису вивченого об'єкту;
- аналіз отриманих результатів (опис) та висновки по роботі повинні містити інформацію про проведені дослідження;
- впливу режимів зварювання на якість зварних з'єднань;
- висновки по роботі.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Кривцун, І. В. Спеціальні способи зварювання: підручник. [Текст] / І. В. Кривцун, В. В. Квасницький, С. Ю. Максимов, Г. В. Єрмолаєв, за загальною редакцією академіка НАН України, доктора технічних наук, професора Б. Є. Патона. – Миколаїв: НУК, 2017.– 346 с.
2. Бугаєнко, Б. В. Технології та устаткування зварювання тиском : навчальний посібник. [Текст] / Б. В. Бугаєнко, А. М. Тубальцев, Є. А. Бутурля. – Миколаїв: НУК, 2018. – 135 с.

Рекомендовані інформаційні джерела

1. Журнал «Автоматичне зварювання». Вид. Міжнародна Асоціація "Зварювання". [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://patonpublishinghouse.com/rus/journals/as> – 18.04.2024. Заголовок з екрану.
2. Журнал «Сварщик». Вид. ІЕЗ ім. Е.О. Патона. Київ. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://welder.stc-paton.com/ru/> – 18.04.2024. Заголовок з екрану.
3. Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua/> – 18.04.2024. Заголовок з екрану.

4. Наукова бібліотека НУ "Запорізька політехніка". [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://library.zntu.edu.ua/> – 18.04.2024. Заголовок з екрану.

5. Кафедра Інтегровані технології зварювання та моделювання конструкцій. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zp.edu.ua/kafedra-integrovanih-tehnologiy-zvaryuvannya-ta-modelyuvannya-konstrukciy> – 18.04.2024. Заголовок з екрану.