

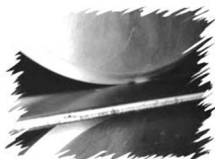
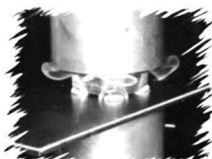
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи № 4

**ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВЕДЕННЯ ПРОЦЕСУ
КОНДЕНСАТОРНОГО ТОЧКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ І
ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ, ПРИНЦИПУ ДІЇ ТА
ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ МАШИНИ ТКМ-7**

з дисципліни
«Спеціальні методи зварювання тиском»
для студентів спеціальності
131 «Прикладна механіка»
освітньої програми
«Технології та устаткування зварювання»
всіх форм навчання



Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 4
«Дослідження особливостей ведення процесу конденсаторного
точкового зварювання і вивчення конструкції, принципу дії та
технологічних можливостей машини ТКМ-7» з дисципліни
«Спеціальні методи зварювання тиском» для студентів спеціальності
131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології та
устаткування зварювання» всіх форм навчання / Укл.:
Куликовський Р.А., Капустян О.Є. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 18 с.

Укладачі: Р.А. Куликовський, доцент, к.т.н.

О.Є. Капустян, ст. викл.

Рецензент: М.Ю. Осіпов, доцент, к.т.н.

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний

за випуск: Р.А. Куликовський

Затверджено
на засіданні кафедри ОТЗВ
Протокол № 4
від 25.10.2018 р.

Рекомендовано до видання
НМК Інженерно-фізичного
факультету
Протокол № 3
від 20.11.2018 р.

ЗМІСТ

1 МЕТА РОБОТИ.....	4
2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	4
2.1 Сутність, різновиди, переваги та галузі застосування конденсаторного точкового зварювання.....	4
2.2 Особливості обладнання для конденсаторного зварювання...	6
2.3 Призначення, технологічні можливості, конструкція та принцип дії машини ТКМ-7.....	8
3 ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ.....	13
4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ...	14
5 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТИ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ	14
6 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ.....	15
7 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ.....	15
8 ЗМІСТ ЗВІТУ.....	17
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	18

1 МЕТА РОБОТИ

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

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

2.1 Сутність, різновиди, переваги та галузі застосування конденсаторного точкового зварювання

Конденсаторне точкове зварювання – це різновид точкового контактного зварювання, при якому необхідна для нагріву зварюваних деталей електрична енергія, запасється в електричних конденсаторах, а після безпосередньо або через зварювальний трансформатор короткочасно витрачається на зварювальні операції.

Існує два різновиди конденсаторного зварювання:

- безтрансформаторне 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.

До режимів конденсаторного зварювання відносять:

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

Ці режими регулюються. Форма і амплітуда зварювального струму $I_{зв}$ (рис. 2.1) змінюються в залежності від величини ємності конденсаторів C_p , зарядної напруги U_c та коефіцієнта трансформації K_T . 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.

При збільшенні коефіцієнту трансформації помітно зменшується зварювальний струм та збільшується час зварювання. На величину зварювального струму також впливають активний опір $R_{C,K}$ та індуктивність $L_{C,K}$ зварювального контуру, які залежать від його розміру. Так при збільшенні вильоту електродів струм зменшується, а час зварювання збільшується.

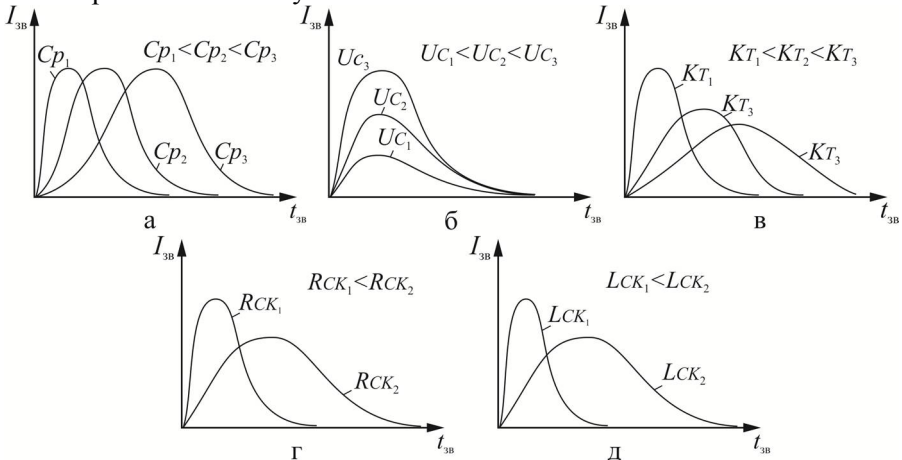


Рисунок 2.1 – Залежність форми й амплітуди зварювального струму від ємності конденсаторів (а), зарядної напруги (б), коефіцієнта трансформації (в), активного опору зварювального контуру (г) та індуктивності зварювального контуру (д)

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 електроди та малу зону термічного впливу на метал деталей;
- концентроване виділення тепла дозволяє виконувати зварювання

металів з високими тепло- й електропровідністю (Al, Сита 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 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 різнорідних металів, наприклад константан + низьковуглецева сталь, константан + нержавіюча сталь, латунь + ніхром, бронза + срібло та ін.

2.2 Особливості обладнання для конденсаторного зварювання

Електричне обладнання для конденсаторного зварювання поділяється на дві групи. До першої відносяться пристрої (рис. 2.2 а), які виконують зарядку батареї конденсаторів C_p до потрібного рівня напруги U_m і підтримують цей рівень скільки завгодно. Розряд батареї C_p на первинну обмотку зварювального трансформатора або безпосередньо на електроди і деталі відбувається у будь-який час (за бажанням зварника) при досягненні на деталях потрібного зусилля зварювання.

Зарядка конденсаторів C_p у подібних пристроях реалізується випрямляючим блоком 1. При досягненні рівності напруги на C_p з напругою спрацьовування порогового пристрою 2, останній вмикає керований клапан випрямляючого блока 1 і зарядка C_p закінчується. Коли напруга U_m блока конденсаторів C_p знижується, пристрій 2 вмикає блок 1 і відбувається додаткова зарядка C_p . Якщо

деталі стиснуті, то датчик зусилля 5 ввімкнення керованого вентиля 3 та C_p , які розряджаються на зварювальний трансформатор або на деталі.

До другої групи відноситься електричний пристрій (рис. 2.1 б), у якому зарядка конденсаторів C_p починається тільки після досягнення на деталях потрібного зусилля $F_{зв}$. Дозвіл на ввімкнення випрямляючого блока 1 дає датчик зусилля 5. Коли напруга на C_p дорівнює напрузі спрацювання порогового пристрою 2, який вмикає керований вентиль 3 і C_p розряджається на зварювальний трансформатор 4 або на зварювані деталі. Для того, щоб зарядний струм не переходив крізь зварювальний трансформатор 4, його первинну обмотку шунтують керованим вентилям 6.

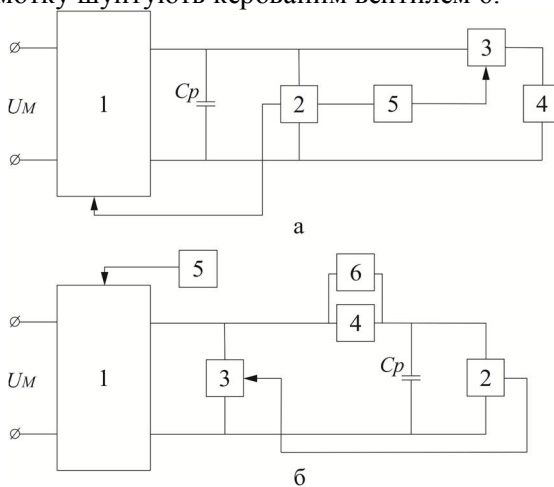


Рисунок 2.2- Функціональні блок-схеми машин контактного зварювання

Перший варіант схем дозволяє зменшити установчу потужність зарядної мережі у зварювальних машинах.

Пристрої другого типу прості за конструкцією і використовуються, коли не потрібна значна продуктивність праці.

2.3 Призначення, технологічні можливості, конструкція та принцип дії машини ТКМ-7

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 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

Напруга первинна, В	220
Потужність середня, щоживиться від мережі, Вт	200
Межі регулювання ємності, мкФ	5...295
Коефіцієнти трансформації зварювального трансформатора	120; 160; 200; 240
Межі регулювання зусилля стиску електродів, даН	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

Електрична схема та принцип роботи машини ТКМ-7.

Працює електрична схема машини (рис.2.3) наступним чином. 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 двополюперідною схемою. Зарядка триває не більше 0,5 с.

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 з правого положення до лівого, відбувається розмикання мережі зарядки конденсаторів та їх негайне розрядження в первинну обмотку зварювального трансформатора T2, що визиває

виникнення імпульсу зварювального струму на деталях стиснутих електродами. Після відпускання педалі відбувається перемикання рухомої планки SQ1 із лівого положення до правого, конденсатори знову заряджуються до зварювання наступної точки.

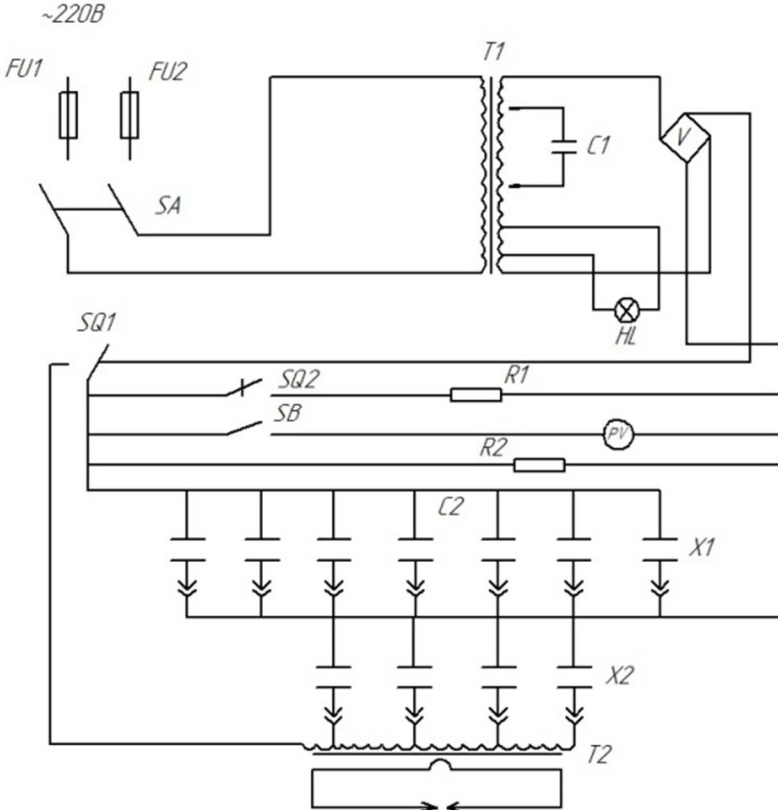


Рисунок 2.3 – Електрична схема машини ТКМ-7

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, якає у мережі індикатора, в нормальному положеннізнаходиться у вимкненому стані. Сигнальна лампа

НСвідчить, 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 вийнята 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.

Конструкція машини. Машина виготовлена як металева шафа із робочим столом (рис. 2.4). У середині шафи на полицях змонтовано: блоки конденсаторів 2 (рис. 2.5) і 10 (рис.2.4), стабілізуючий трансформатор 1 (рис.2.5) та блок селенових випрямлячів 9 (рис.2.4) і 6 (рис. 2.5). У верхній частині шафи змонтовані: трансформатор зварювальний 3, перемикач механічний 4, кінцевий вимикач 5 (рис. 2.5) і опори та штепсельний пристрій для передачі напруги живлення.

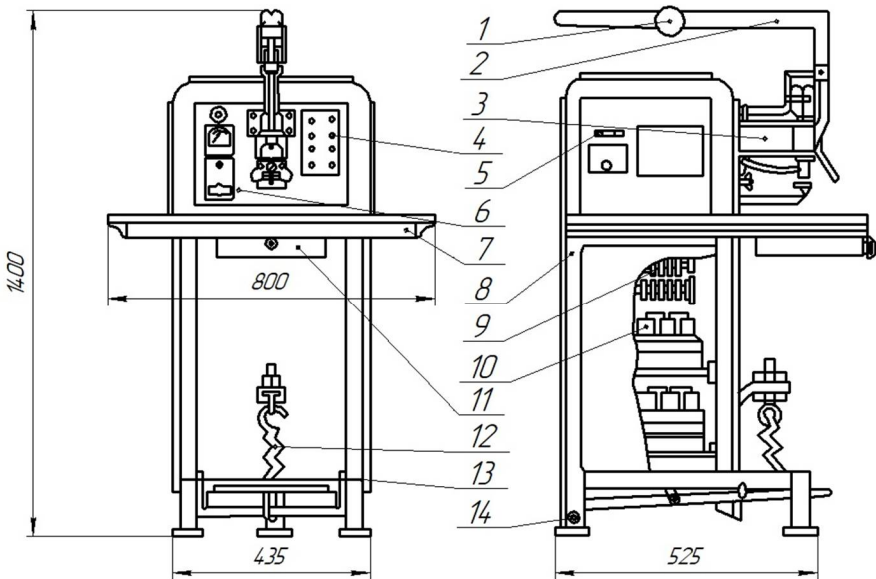


Рисунок 2.4 – Загальний вигляд машини ТКМ-7

Тяга 4 (рис.2.5) з'єднує механізм стиску 3 із педальним

механізмом 12,13 (рис.2.4)потрібним для стискання деталей електродами та для вмикання зварювального струму. Над шафою знаходиться важіль 1 з гирею 2 (рис.2.4), які призначені для регулювання зусилля на електродах.

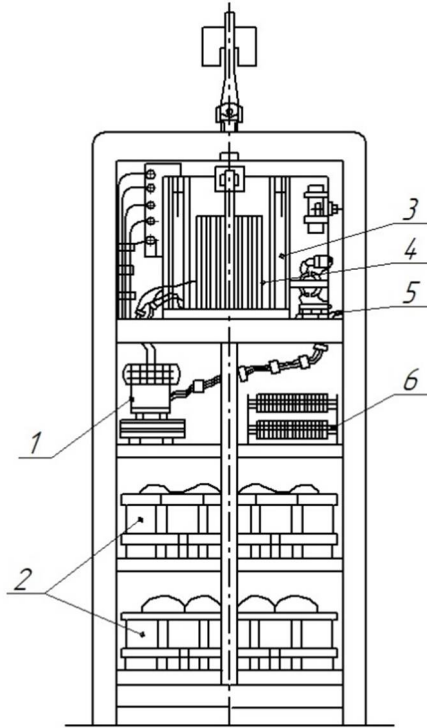


Рисунок 2.5 – Загальний вигляд машини ТКМ-7 (вигляд ззаду)

У верхній частині передньої стінки шафи (над робочим столом) влаштовані (рис. 2.5): механізм стискування 3, панель 6 із сигнальною лампою і індикатором з кнопкою, пакетним вимикачем мережі живлення, а також вивідна панель 4 штепсельного перемикача. Під механізмом стискування 3 розташований стіл 7 машини. На лівій стінці шафи є гніздо 5 (рис.2.4) для приєднання машини до мережі живлення з напругою 220В і частотою 50Гц. На цій же стінці (у середині) за зовнішнією засувкою знаходяться запобіжники.

Механізм стиску машини 3 являє собою важіль 2 з пересувним

вантажем 1 (рис. 2.5). Важіль поєднується із цапфами хомутика, який закріплений на штоку механізму зварювання. До наконечника штока за допомогою мідної гнучкої шини підмикається один кінець 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. Затиснення штока у потрібному положенні виконується хомутиком вручну. Стиснення і розтиснення електродів, а також вмикання зварювального струму відбувається натисненням педального механізму.

Кінематична схема машини (рис.2.6) працює наступним чином. За відсутності побічного втручання педаль 15 піднята угору пружиною 14. Натиснення 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 униз і стискає деталі, які знаходяться на нижньому електроді 13.

Зусилля стиску визначається вагою і положенням пересувного вантажу 2 на важелі 1. Таким чином можливо регулювати зусилля зварювання від 0,1 до 56 даН. Подальшим натисканням педалі 15 до кінця робочого ходу відбувається перемикання механічного перемикача від зарядки до положення розрядки і виникнення зварювального струму. Це перемикання здійснюється шляхом витиснення кінця штовхача 6 на шток 5. Штепсельний перемикач дає можливість регулювати ємність від 5 до 295 мкФ та коефіцієнт трансформації зварювального трансформатора (120, 160, 200 і 240).

З метою запобігання випадків ураження електричним струмом у нижній частині корпусу машини влаштований гвинт заземлення.

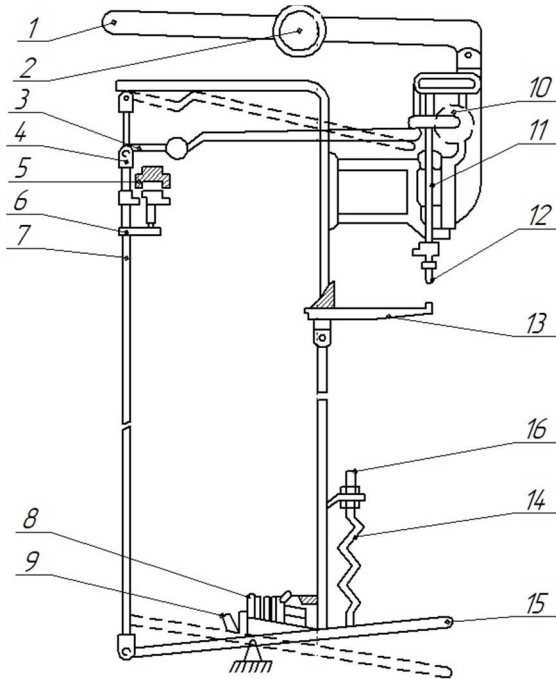


Рисунок 2.6 – Кінематична схема машини ТКМ-7

3 ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Перед тим, як приступати до виконання лабораторної роботи студент зобов'язаний вивчити дані методичні вказівки, або за допомогою рекомендованої літератури самостійно ознайомитися з особливостями конденсаторного точкового зварювання, конструкцією та принципом роботи обладнання[1 (с. 19...31); 2 (с. 310...313, 358...370); 3 (с. 17...24)]; оформити бланк звіту, вивчити вказівки по техніці безпеки; відповісти на контрольні запитання викладача та отримати у нього дозвіл на виконання роботи.

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Поясніть роботу кінематичної схеми машини ТКМ-7.
2. Як відбувається регулювання параметрів режиму зварювання і як впливають останні на якість зварних з'єднань?
3. Які галузі переважно використовуються для конденсаторного зварювання?
4. Які сплави використовують при виготовленні електродів машин конденсаторного точкового зварювання?
5. У чому полягає ефект Пельтьє під час конденсаторного зварювання?
6. Як зварювальник регулює тривалість стадії «Стискання» циклу зварювання на машині ТКМ-7?
7. Які неполадки електричної або кінематичної схем можуть викликати відсутність струму у машині ТКМ-7?
8. У чому полягають основні переваги та недоліки конденсаторного точкового зварювання?

5 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТИ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

Зразки металів для зварювання.

Слюсарне приладдя – лещата, молоток, зубило.

Набір вимірювальних інструментів та приладів (штангенциркуль, динамометр).

Машина для конденсаторного точкового зварювання ТКМ-7.

ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Перед роботою на машині необхідно перевірити суцільність заземлення. Експлуатувати машину можна, коли закриті усі щитки, дверцята, а захисне скло опущене.

Під час регулювання ємності конденсаторів, а також при закінченні роботи потрібно вимкнути машину з мережі та повністю розрядити конденсатори. Останнє виконується у наступній послідовності: установити між електродами тонку ізоляційну прокладку (наприклад, з гетинаксу), натиснути педаль до кінця і в такій позиції вимкнути мережевий пакетний вимикач. Після цього за допомогою індикатора потрібно перевірити відсутність напруги на конденсаторах.

Під час ремонту або огляду машини перед відкриванням задньої стінки конденсатори повинні бути розряджені.

7 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Підготовка машини до роботи.

Підібрати потрібну для зварювання зразків пару електродів. Орієнтовний діаметр електродів може бути вибраний по таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – 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 товщин

0,02...0,5 мм та 2,75...3,0 мм – для більших товщин. 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, шляхом переміщення тримача електроду (попередньо послабивши гайки) добитися співвісності.

Перевірити паралельність контактних поверхонь електродів. За необхідністю добитися їх паралельності 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 данні згідно таблиці 7.2.

Виконати теоретичний розрахунок зусилля стискання електродів, який визначається добутком ваги вантажа на ціну поділки важеля у місці, де встановлено вказівний кінець вантажа. Якщо вантажів декілька, то потрібно помножити вагу кожного важеля на відповідну ціну ділення та отримані результати скласти. Розраховані зусилля стискання занести в таблицю 7.2.

Таблиця 7.2 – Дослідні режими конденсаторного зварювання

№ п/п	Матеріал заготовки	Товщина заготовки δ , мм	Коефіцієнт трансформації Кт	Ємність С, 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 втакому положенні затиснути хомутик.

Встановити робочу ємність конденсатора (табл.7.1) та коефіцієнт трансформації зварювального трансформатора.

Приєднати машину до джерела змінного струму напругою 220 В та ввімкнути вимикач мережі.

Підготовка зразків до зварювання

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 кромки зразків повинна бути не нижче 4-го класу за ГОСТ 2789-73.

Зачищення зварюваних поверхонь може здійснюватися хімічним травленням, електрополіруванням та шмергеливимпапіром з зерном № 10 з наступним промиванням бензином або розчинником.

Зразки не повинні мати вм'ятин та деформованих ділянок в місцях призначених для зварювання.

Проведення зварювання

Робота на машині 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, при необхідності деталь пересувають далі, щоб повторити процес зварювання.

Змінюючи режими зварювання в межах, які вказані в таблиці 7.1, добитись найбільш якісного з'єднання.

Контроль якості зварювання

Для визначення якості конденсаторного зварювання зварені деталі піддавати зовнішньому огляду неозброєним оком, а у сумнівних випадках крізь лупу з чотирьохкратним збільшенням.

Зовнішнім оглядом 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 границі та рівномірну глибину вм'ятин.

Непровар перевіряється технологічною пробою, для чого зразок піддається руйнуванню в лещатах.

8 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт по виконаній роботі повинен містити наступні відомості:

- найменування та мета роботи;
- стислий опис сутності конденсаторного зварювання, переваг та галузей використання;
- технічні характеристики машини ТКМ-7;
- стислий опис призначення, конструкції та принципу дії машини ТКМ-7;
- таблиця 7.2;
- аналіз впливу режимів зварювання на якість зварних з'єднань;
- висновки по роботі.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Технология и оборудование контактной сварки / Под ред. Б.Д. Орлова – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.
2. Глебов Л.В. Расчет и конструирование машин контактной сварки / Л.В. Глебов, Н.А. Пескарев, Д.С. Файгенбаум – Л.: Энергоиздат, 1981. – 424 с.
3. Моравский В.Е. Технология и оборудование для точечной контактной и рельефной конденсаторной сварки / В.Е. Моравский, Д.С. Ворона – К.: Наукова думка, 1985. – 272 с.
4. Белов А.Б. Конденсаторные машины для контактной сварки / А.Б. Белов – Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 112 с.