МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ ЗВАРЮВАННЯ ПЛАВЛЕННЯМ ТА ТИСКОМ

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт
для студентів спеціальності 131-Прикладна механіка,
освітня програма «Технології та устаткування зварювання»

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні кафедри зварювального виробництва та автоматизованого проектування будівельних конструкцій протокол №3 від 17.10.2018 р.

Чернігів ЧНТУ 2018

Технологія та устаткування зварювання плавленням та тиском. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 131 – Прикладна механіка, освітня програма «Технології та устаткування зварювання». /Укл.: Новомлинець О.О., Болотов М.Г., – Чернігів: ЧНТУ, 2018. – 35 с.

Укладачі: Новомлинець Олег Олександрович, доктор технічних наук, професор;
Болотов Максим Геннадійович, кандидат технічних наук, доцент

Відповідальний за випуск: Прибитько Ірина Олександрівна, завідувач кафедри зварювального виробництва та автоматизованого проектування будівельних конструкцій, кандидат технічних наук, доцент

Рецензент: Ганєєв Тимур Рашитович, кандидат технічних наук, доцент кафедри зварювального виробництва та автоматизованого проектування будівельних конструкцій Чернігівського національного технологічного університету

ЗМІСТ

Вступ..... 4
1. Лабораторна робота № 1 Будова і робота машини для електроконтактного стикового зварювання МС-802У..... 6
2. Лабораторна робота № 2 Технологія електроконтактного стикового зварювання металів……..... 11
3. Лабораторна робота № 3 Будова і робота машини для електроконтактного точкового зварювання типу МТ-1216..... 15
4. Лабораторна робота № 4 Вивчення характеру формування з'єднання при електроконтактного точковому зварюванні……... 18
5. Лабораторна робота № 5 Технологія електроконтактного точкового зварювання металів…..... 25
6. Лабораторна робота № 6 Будова і робота машини для конденсаторного електроконтактного точкового зварювання ТКМ-7... 30
Рекомендована література.....……..... 35

ВСТУП

До *зварювання тиском* відносяться способи контактного зварювання, дифузійне, ультразвукове, пресове, холодне зварювання, зварювання тертям, вибухом і т.д. Контактне зварювання є одним з основних видів зварювання тиском для виготовлення зварних конструкцій.

Контактне зварювання – це процес утворення зварного з'єднання в результаті нагрівання металу протікаючим через нього електричним струмом і пластичної деформації зони з'єднання під дією стискаючого зусилля.

Контактне зварювання поєднує велику групу способів зварювання, основними з яких є: стикове, точкове та шовне. Відмінні риси цих способів зварювання – надійність з'єднань, високий рівень механізації й автоматизації, висока продуктивність процесу й культура виробництва.

Широке поширення контактного зварювання обумовлене його перевагами в порівнянні з іншими способами зварювання: висока продуктивність (час зварювання однієї точки або стику становить 0,02...1 с); мала витрата допоміжних матеріалів (води, повітря); висока якість і надійність зварних з'єднань при невеликому числі керованих параметрів режиму зварювання, що знижує вимоги до кваліфікації зварника; екологічна чистота процесу.

Область застосування контактного зварювання надзвичайно широка від космічних апаратів до мініатюрних напівпровідникових пристроїв і плівкових мікросхем. Видне місце займає цей спосіб і в літакобудуванні – на сучасних авіалайнерах налічується мільйони зварних точок і сотні метрів швів, виконаних контактним шовним зварюванням. Досить широко застосовується контактне зварювання в автомобілебудуванні, вагонобудуванні, суднобудуванні та будівництві. Контактне стикове зварювання знайшло застосування при монтажі трубопроводів і укладанні залізничних рейок у польових умовах, при виготовленні силових елементів (шпангоутів) і інструменту.

Конструкційні й леговані сталі, сплави зі спеціальними властивостями, сплави на основі титана й міді, алюмінієві й магнієві сплави, тугоплавкі сплави й порошкові композиції – ось далеко не повний перелік конструкційних матеріалів, які з успіхом з'єднують контактним зварюванням.

У методичних вказівках з описом лабораторних робіт з курсу "Технологія та устаткування зварювання тиском" для студентів напряму підготовки 6.050504 "Зварювання" знайшли відображення основні теми для вивчення режимів різних видів контактного зварювання з наступним коректуванням параметрів режиму за результатами випробування зразків, дослідження впливу параметрів режиму контактного зварювання на якість зварного з'єднання, ознайомлення із будовою типових вузлів, систем і електричних параметрів машин, що випускаються серійно, для контактного зварювання.

Методичний посібник забезпечує можливість студентам перед виконанням роботи коротко повторити лекційний матеріал про основні фізико-

хімічні процеси, що покладені в основу конкретного методу зварювання тиском, про будову і принцип роботи машин для контактного зварювання, ознайомитися зі змістом лабораторної роботи і методикою створення зварного з'єднання.

В описі кожної лабораторної роботи викладені мета, задачі, порядок проведення зварювання, контрольні питання для самоперевірки. У результаті виконання лабораторних робіт студент зможе самостійно вирішувати наступні практичні задачі:

1. Визначати необхідний спосіб зварювання тиском та параметри режиму, в залежності від матеріалу та розмірів зварних заготівок.
2. Проводити підготовку машини до роботи.
3. Проводити зварювання.
4. Оцінювати якість зварного з'єднання.

Лабораторна робота №1

БУДОВА І РОБОТА МАШИНИ ДЛЯ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОГО СТИКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ МС-802У

Мета роботи: Набути практичні навички роботи на машині для стикового зварювання і вивчити її будову.

1.1 Короткі теоретичні відомості

Машини для стикового зварювання знайшли широке застосування для з'єднання деталей із сталі, кольорових металів і сплавів. За допомогою стикового зварювання з`єднують вироби з перерізом від сотих часток до декількох тисяч квадратних міліметрів.

Широко використовується стикове зварювання при виробництві ланцюгів, в прокатному виробництві для зварювання смуг і листів, при виготовленні автомобільних коліс, в інструментальному виробництві, для зварювання труб в котельному виробництві, зварювання залізничних рейок і в багатьох інших випадках.

По технологічному способу одержання з'єднань стикове зварювання поділяється на стикове зварювання опором і зварювання оплавленням. Машина МС-802У є з цієї точки зору універсальною.

Машина для стикового зварювання МС-802У, що показана на рисунку 1.1. складається із: корпусу *1*, всередині якого вбудований зварювальний трансформатор *2*, електромагнітний контактор *3*, перемикач ступенів, блок пускача і система охолодження. Корпус призначений для закріплення на ній всіх основних вузлів. Зварювальний трансформатор використовується для отримання у зварювальному колі високого струму при відносно низькій напрузі. Трансформатор складається з сердечника, секціонованої первинної обмотки з відводами, вторинного витка з контактними колодками і трубками водяного охолодження. Перемикач ступенів потужності призначений для ступінчатого регулювання зварювального струму. Збільшуючи чи зменшуючи кількість витків первинної обмотки, ввімкнених у мережу, відповідно змінюють напругу на кінцях вторинного витка. Система водяного охолодження забезпечує охолодження всіх струмопідводящих частин машин, які дуже нагріваються в процесі зварювання. В стикових машинах в основному охолоджують вторинний виток трансформатора і струмопідводні електроди (губки).

Зверху зліва на корпусі машини змонтований нерухомий зажимний пристрій *4*, призначений для закріплення і центрування зварювальних деталей в електродах (губках) машини, а також підводу до них зварювального струму. Основа зажимного пристрою електрично ізольована від корпуса прокладкою і втулками з шайбами. Справа від нього розміщений рухомий затискний устрій *5*, який закріплений на напрямній штанзі *6*, кінці якої знаходяться в двох

підшипниках ковзання. Штанга виконана ексцентричною. При повороті її навколо вісі забезпечується вертикальне регулювання губок - центрування затиснутого виробу.

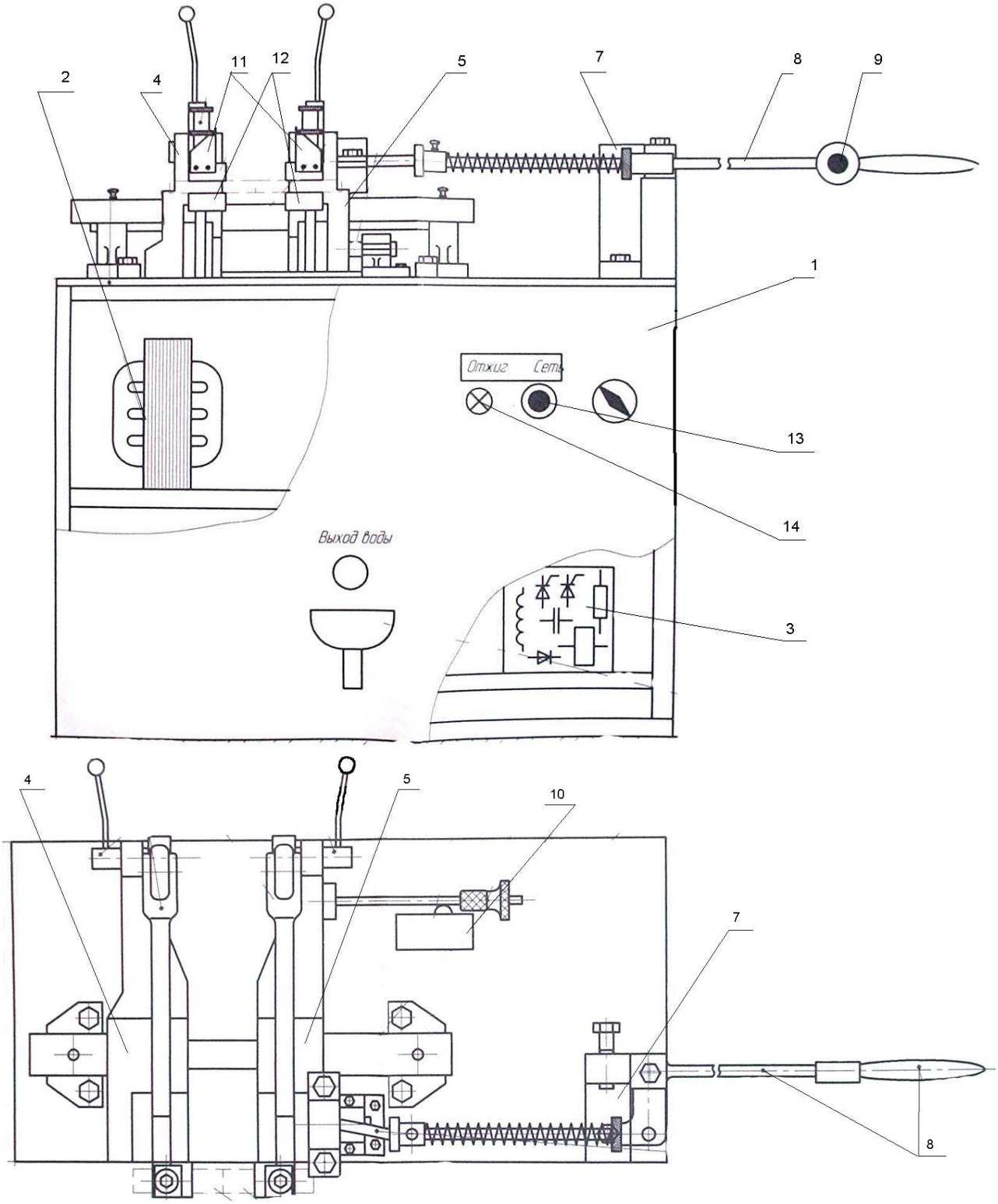


Рисунок 1.1 Загальний вигляд машини МС-802У

Справа на плиті встановлений механізм подачі і осадки *7*, призначений для зближення зварювальних деталей і створення необхідного зусилля в момент зварювання і осадки. Він зв`язаний з рухомим затискачем коловим шарніром, за допомогою якого регулюється робочий хід рухомої частини (відстань між прижимами).

На важелі *8* змонтована електрична кнопка *9* для включення зварювального струму. Відключення відбувається автоматично вимикачем *10*. Його спрацювання зв`язане з переміщенням рухомої частини машини.

Корпус машини безкаркасний. Для доступу в середину машини передбачені дверцята. Ліві дверцята з електричною блокіровкою мають задвижку для швидкого відкривання і доступу до перемикачів ступенів. Праві дверцята мають замковий пристрій. На задній стінці корпуса розміщений болт заземлення. Між рухомими і нерухомими затискаючими пристроями закріплено корито для захисту пристроїв, які розміщені всередині корпусу машини, від бризок та окалин.

Затискні пристрої мають радіальний хід верхньої затискаючої губки *11* і односторонній підвід зварювального струму до нижніх губок *12*. Пристрої представляють собою важільно–ексцентрикові системи для затискання зварювальних виробів. При настройці на розмір виробу, що затискається, використовують ексцентриковий пристрій.

Верхня затискна губка *11* представляє собою гладкий змінний башмак, що не допускає відбитків на виробі, що затискається. Нижня губка *12* виготовлена з призматичним пазом для зручності укладки круглих виробів і зі скосом під кутом 65° для притиснення планкою. Струмопідвід охолоджується проточною водою і забезпечує достатній відвід тепла від контактних губок.

Електрична схема машини представлена на рис. 1.2, робота якої полягає в наступному. Поворотом пакетного вимикача *ВП* подається напруга на первинну обмотку трансформатора *ТР*. При подачі напруги на машині загорається сигнальна лампа *13* (рис. 1.1) на передній стінці машини. Натисненням на кнопку пуск *КІ*, яка розташована біля рукоятки привода осадки (див. рис. 1.1(поз *9*)), вмикається пускач *П*. Замикаючим контактором *ПІ* пускач блокує кнопку *КІ* і залишається ввімкненим після її відпускання. Замикаючими контактами *ПІІ* і *ПІІІ* пускач вмикає коло з котушкою контактора *К*т, і його силові замикаючі контакти *К*т*І* і *К*т*ІІ* замикають коло зварювального трансформатора *ТС*. Проходить процес зварювання.

При осадці спрацьовує кінцевий вимикач *ВК* (див. рис. 1.1, поз. *10*) і вимикає котушку пускача *П*. Його нормально відкриті контакти *ПІІ* і *ПІІІ* вимикають котушку контактора *К*т, який силовими контактами *К*т*І* і *К*т*ІІ* розриває коло зварювального трансформатора *ТС*. Кнопка *КБ* дозволяє вимкнення напруги від перемикача ступенів і зварювального трансформатора при відкриванні лівої дверці машини.

Кнопка *К2* (див. рис. 1.1, поз. *14*) використовується для відпалу зварних з’єднань. Для захисту кола управління від струмів короткого замикання в схемі передбачені плавкі запобіжники *ПрІ-Пр4*.

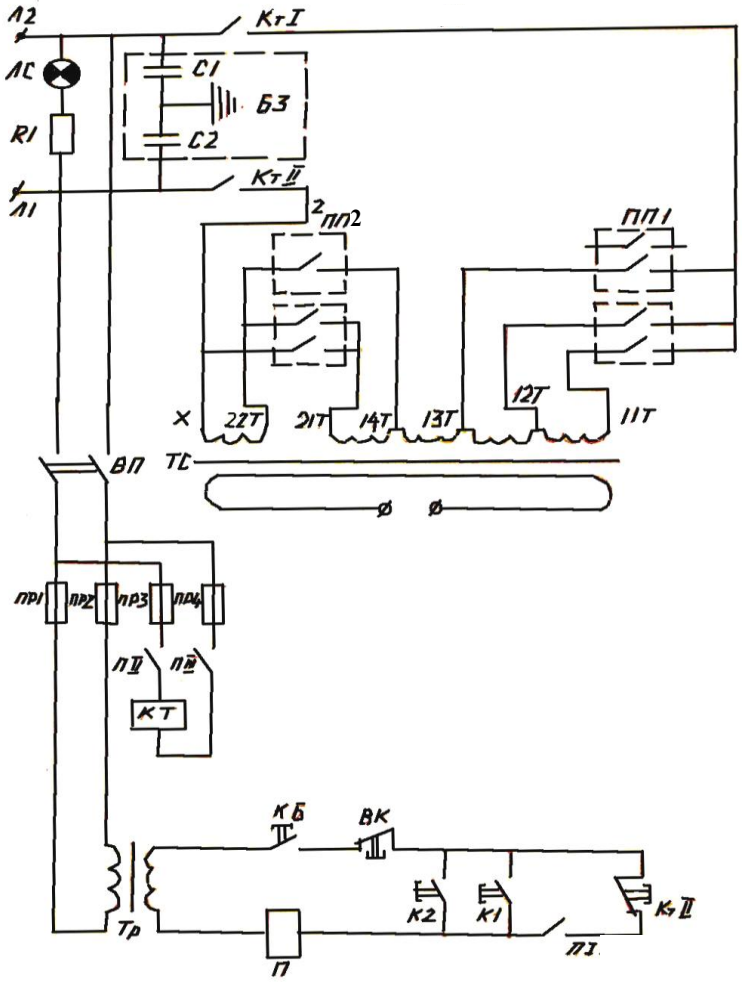


Рисунок 1.2 –Електрична схема машини МС-802У

1.2 Обладнання

Машина для стикового зварювання МС-802У; заготівки.

1.3 Хід виконання роботи

1.3.1 Ознайомитись з питаннями техніки безпеки.

1.3.2 Підготувати машину до роботи. Зачистити деталі і затискні губки від бруду, іржи та ін. Включити систему водяного охолодження і перевірити герметичність з`єднань. Встановити необхідну відстань між затискними губками. Відрегулювати момент спрацювання кінцевого вимикача – пристрою відключення зварювального струму. Встановити потрібну ступінь зварювального трансформатора за допомогою перемикача ступенів по таблиці 1.1. Відрегулювати упори-обмежувачі кута повороту важеля осадки. Подати напругу на машину пакетним вимикачем *ВП*.

1.3.3 При зварюванні методом опору потрібно встановлювати деталі в затискні губки і закріпити їх (при відведеному в крайнє праве положення ричага). Підвести важіль в крайнє ліве положення і натиснути кнопку “Пуск” на важелі. Відбувається процес зварювання з автоматичним відключенням

зварювального струму і пружинної осадки. Звільнити зварені вироби із затискачів.

1.3.4 При зварюванні методом оплавлення з підігрівом потрібно виконати слідуючи роботи. Підвести важіль так, щоб відстань між контактними губками дорівнювала 1,5...2 діаметра зварюваних деталей (для маловуглецевої сталі). Встановити деталі в затискачі і закріпити їх. Встановити відкидний щиток в робоче положення. Натиснути кнопку “Пуск” включення зварювального струму і розігріти заготовки періодичним замиканням і розмиканням їх торців при постійно включеному контакторі. При цьому відбувається процес переривчастого оплавлення. Витримка часу на замикання–розмикання і кількість циклів залежить від матеріалу і перерізу (діаметру) заготовки і підбирається експериментально.

Після розігріву деталей до температури плавлення переходять до процесу постійного оплавлення, при якому зростає швидкість оплавлення металу. Швидкість оплавлення зростає і в момент оплавлення до заданого припуску починається осадка). В заданий момент після початку осадки спрацьовує кінцевий вимикач і відключає контактор. Послідуюча осадка відбувається без струму. На цьому зварювання закінчується.

Таблиця 1.1 - Ступені регулювання

№ ступеня	Положення перемикача		$K_{тр}$
	№1	№2	
1	1	1	200
2	2		180
3	3		160
4	1	2	144
5	2		124
6	3		104

1.4 Зміст звіту

1.4.1 Назва роботи мета і короткі теоретичні відомості.
1.4.2 Будова машини та її підготовка до роботи.
1.4.3 Висновки по роботі.

1.5 Контрольні запитання

1.5.1 Склад електричної та механічної частини машини МС–802У.
1.5.2 Принцип роботи машини МС–802У.
1.5.3 Робота електричної схеми машини МС–802У.
1.5.4 Порядок підготовки машини до роботи.
1.5.5 Порядок проведення зварювання.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ТЕХНОЛОГІЯ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОГО СТИКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ МЕТАЛІВ

Мета роботи: Ознайомитись з технологією і параметрами режиму стикового зварювання металів опором і оплавленням.

2.1 Короткі теоретичні відомості

Існує два способи стикового зварювання: стикове зварювання опором і стикове зварювання оплавленням. Підготовка деталей до стикового зварювання полягає у приданні їх торцям визначеної форми і ретельній очистці їх поверхонь. Торцеві поверхні обробляють механічним різанням за допомогою ножиців, пилок, гарячим та холодним висадженням на пресах, на металорізальних верстатах, а також газовим чи плазмовим різанням з наступним очищенням деталі від шлаку або хімічним травленням. Струмопідвідні поверхні на торці заготовок можуть оброблятися також дробоструминними або піскоструминними приладами і апаратами.

З метою рівномірного нагріву й однакового пластичного деформування під час осадження торці деталі спеціально обробляють. Форму та розміри перерізу заготовок після обробки бажано мати однаковими. Діаметри деталей в місці зварювання не повинні відрізнятися більш, між на 15 %, а товщини – відповідно 10%.

Зварювання опором проводять для деталей з поперечним перерізом до 100 мм^2. Робочими параметрами режиму стикового зварювання опором є зусилля нагрівання або програма зміни зусилля під час зварювання, щільність струму або струм зварювання, тривалість нагрівання, установча довжина і зусилля затиску деталей у губках-електродах зварювальної машини. Кінці деталей випрямляють перед установленням у губках-електродах. Мінімальна установча довжина деталей компактного перерізу та припуску на осадку, а також зварювальний струм або його щільність, визначають з урахуванням площі поперечного перерізу і властивостей металу, що зварюють (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 Орієнтовні режими зварювання опором заготовок з круглим та квадратним перерізом із маловуглецевих сталей

Площа перерізу, мм^2	Щільність струму, А/мм^2	Час нагрівання, с	Установча довжина $l1+l1$, мм	Припуски на осадження, мм		
				загаль-ний	під струмом	без струму
7	300	0,3	7	2,2	1,6	0,6
25	200	0,8	12	2,5	1,7	0,8
50	160	1,0	16	2,7	1,8	0,9
100	140	1,5	20	3,0	2,0	1,0

При стиковому зварюванні різнорідних металів з метою забезпечення рівномірного нагрівання установча довжина кожної деталі є відмінною $l1 \neq l2$. Для деталей із металу з більшою теплопровідністю установча довжина повинна бути більша.

Зусилля (тиск) осаджування визначає величину припуску на осадку – величину пластичного деформування деталей, а також якість очищення стиків від оксидів. Зусилля затискання деталей у губках зварювальної машини, щоб запобігти проковзуванню, повинно бути у 2-3 рази більшим зусилля осаджування.

Зварювання оплавленням застосовують для деталей з великим поперечним перерізом (вуглецеві і леговані сталі) та для тонкостінних деталей з розвитим перерізом (сталь з міддю, мідь з алюмінієм і т. ін.). При зварюванні оплавленням до підготовки торців деталей особливих вимог не ставлять. На зварювання деталі поступають безпосередньо після рубки чи газотермічного різання з окалиною.

До параметрів режиму стикового зварювання оплавленням, крім параметрів, характерних для зварювання опором відносяться швидкість оплавлення та швидкість осадки (таблиця 2.2)

Таблиця 2.2 – Орієнтовані режими зварювання оплавленням заготовок із вуглецевої сталі

∅ заго-товки, мм	Напруга, В	Щільність струму, А/мм^2	Установочна довжина в долях від діаметра заготовки	Швидкість оплавлення мм/с		Швид-кість осадки, мм/с	Питомий тиск осадки, МПа	Припуск при зварюванні, мм		
				середня	перед осадкою			загаль-ний	на оплав-лення	на осадку
6 8 10	4 4,5 5	10...50	0,5...1	0,5...1,5	2...5	15...20	80...100	6 8 12	4 5,7 9,5	2,0 2,3 2,5

Зварювання відбувається за наступною схемою. Деталі спочатку затискують у електродах-губках, потім на них подається напруга від зварювального трансформатора і тільки після цього повільно переміщують одну з деталей назустріч іншій з потрібною швидкістю до їх торкання. В момент виникнення первісного контакту в окремих точках торців крізь нього (при незначному зусиллі стиснення) приходить струм високої густини. В результаті цього метал контактів-перемичок миттєво розігрівається до температури кипіння та випаровування і відбувається його вибухоподібне руйнування. Під час вибуху частина металу перемичок витісняється із стику у вигляді іскр та бризок. Процес виникнення рідких перемичок та їх руйнування проходить безперервно до виникнення на торцевих поверхнях деталей рівномірного шару розплавленого металу.

Метал деталей нагрівається поступово за рахунок передачі тепла від іскрового зазору. Після прогріву деталей на потрібну глибину при оплавленні і при наявності шару рідкого металу на всій площині торців деталей їх стискують з підвищеною швидкістю осадження зусиллям осадки. Рідкий метал

при осадженні разом із оксидами і іншими забрудненнями витискуються із стику у ґрат. Металеві зв'язки у з'єднання таким чином починають формуватися у рідкій фазі, а закінчуються у твердій фазі.

Внаслідок використання відносно жорстких режимів зварювання якісні з'єднання виникають при відношенні кінцевої площі перерізу стику (Sк) до площі деталей до зварювання (Sп) Sк/Sп<2, при якому обновлення поверхонь торців наближується майже до 100 %.

З'єднання деталей більших перерізів, коли виявляються недостатніми електрична та механічна потужності обладнання, здійснюється зварюванням оплавленням з попереднім підігрівом.

Кінці деталей при цьому способі спочатку підігрівають аналогічно зварюванню опором — їх періодично стискують невеликим осьовим зусиллям вмикають струм, що викликає виділення тепла у контакті деталь-деталь, та розмикають і розводять. Після підігрівання стиків до потрібної температури виконується з'єднання за схемою зварювання безперервним оплавленням. Закінчується процес осадженням. Осадка потрібна для витиснення із стику розплавленого та перегрітого твердого металу, що є забрудненим оксидами та для виникнення металевих зв'язків між деталями. При осадженні деформація металу допомагає реалізуватися процесу рекристалізації.

Для зварювання деталей з великим перерізом в ІЕЗ ім. Є.О. Патона розроблено два способи, що роблять більш ефективним підігрів під час оплавлення: зварювання з імпульсним оплавленням і з програмним керуванням напруги зварювання під час оплавлення.

При імпульсному оплавленні на головне поступове переміщення рухомої плити зварювальної машини накладаються додаткові механічні коливання з частотою 3-45 Гц і амплітудою 0,1-0,8 мм. Імпульсне оплавлення локалізує нагрів, розширює зону високих температур в деталях, запобігає швидку кристалізацію рідкого металу, зменшує потужність, що споживається під час зварювання, припуск на оплавлення та підвищує швидкість оплавлення.

Зварювання з програмуванням напруги (при незмінній швидкості оплавлений) потребує підвищеної початкової напруги для збудження оплавлення. Після виникнення стійкого оплавлення напругу зменшують до мінімально можливих значень, які здібні забезпечити стійке оплавлення. В фіналі оплавлення перед осадкою напругу холостого ходу зварювального трансформатора знову короткочасно підвищують для збільшення локальної стійкості процесу. При програмному регулюванні напруги у 3—5 разів знижується потужність зварювання та в 1,5—2 рази час зварювання.

2.2 Обладнання та матеріали

Машина для стикового зварювання МС-802У, лінійка, штангенциркуль, заготовки різного діаметру із різного матеріалу, шліфувальний папір, розривна машина.

2.3 Хід виконання роботи

2.3.1 Ознайомитись з питаннями техніки безпеки.

2.3.2 Провести стикове зварювання опором.

2.3.2.1 Для даної площі поперечного перерізу заготовки підібрати по таблиці 2.1 режим зварювання і налагодити машину.

2.3.2.2 Затиснути деталі в губках і виміряти відстань між ними.

2.3.2.3 Зварити заготовки. Повторно заміряти відстань між електродами.

2.3.2.4 Повторити пункти 2.3.2.2 та 2.3.2.3 для декількох стиків із маловуглецевої сталі, міняючи при цьому установочну довжину і визначити величину осадки.

2.3.2.5 Провести механічне випробування на розривній машині, отриманих зварних з'єднань.

2.3.2.6 Дати оцінку якості зварних стиків.

2.3.3 Провести стикове зварювання оплавленням.

2.3.3.1 Для даного діаметру (площі перерізу) заготовок із вуглецевої сталі підібрати по таблиці 2.2 режими зварювання і налагодити машину.

2.3.3.2 Зварити заготовки методом оплавлення з нормальним відключенням струму (після початку осадки).

2.3.3.3 Повторити зварювання з передчасним відключенням струму (перед початком осадки).

2.3.3.4 Підрахувати сумарну величину осадки двох заготовок та провести механічне випробування на розривній машині.

2.3.3.5 Дати оцінку якості зварних стиків.

2.3.4 Оформити результати роботи у вигляді таблиці.

2.4 Зміст звіту

2.4.1 Назва роботи, мета і короткі теоретичні відомості

2.4.2 Результати дослідів і випробувань (рисунки і таблиці).

2.4.3 Висновки по роботі.

2.5 Контрольні запитання

2.5.1 Умови видалення оксидних плівок зі зварювальних поверхонь при стиковому зварюванні.

2.5.2 Параметри режиму зварювання опором.

2.5.3 Параметри режиму зварювання оплавленням.

2.5.4 Механізм оплавлення торців при стиковому зварюванні.

2.5.5 Чим відрізняються зварні з'єднання отримані зварюванням опором і оплавленням?

ЛАБОРОТОРНА РОБОТА №3

БУДОВА І РОБОТА МАШИНИ ДЛЯ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОГО ТОЧКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ТИПУ МТ-1216

Мета роботи: Набути практичні навички роботи на машині для точкового зварювання і вивчити її будову.

3.1 Короткі теоретичні відомості

Машини для точкового зварювання поділяються наступним чином : по призначенню - на універсальні і спеціалізовані ; по характеру установки – на стаціонарні і пересувні; по виду живлення – на однофазні змінного струму, трьохфазні низькочастотні, трьохфазні з випрямленням у вторинному контурі, імпульсні; по способу підводу зварювального струму до виробу – на машини з одностороннім і двостороннім струмопідводом; по числу одночасно зварюваних точок – на одноточкові і багатоточкові; по типу привода стиснення – на машини з пневматичним, гідравлічним, електромеханічним, важільним, пружинним, електромагнітним приводами; по характеру переміщення електродів – на машини з прямолінійним рухом електродів і радіальним.

Точкові машини загального використання складаються з корпусу, який служить для встановлення всіх вузлів машини; вторинного контуру, зварювального трансформатора; апаратури керування.

Машина МТ-1216 (рисунок 3.1) складається з корпусу *1*, зварювального трансформатора *2* з перемикачем ступенів *3*, контактора тиристорного *4*, регулятора циклу зварювання *5*, струмопідводів верхнього і нижнього та привода зварного зусилля *6*.

На верхній площині пневмоциліндра закріплений електропневматичний клапан *7* з мастилорозподільником *8* і регулятором тиску повітря *9*. На боковій поверхні корпусу закріплений кран управління *10*. На задній стінці корпуса встановлений автоматичний вимикач *11*. Машина має переносну педальну кнопку *12*.

Верхній струмопідвід складається з контактної колодки *13*, гнучкої шини *14* і контактного конуса *15*, в якому закріплюється електродотримач *16*. Контактна колодка електрично ізольована від привода зварювального зусилля.

Нижній струмопідвід складається з кронштейна *17* і кришки *18*, з`єднання яких утворює гніздо, в яке вставлений хобот *19* з закріпленим на ньому електродотримачем *20*. Кронштейн вставляється на корпусі і закріплюється болтами. Передбачена можливість ступінчасто переставляти кронштейн на корпусі по висоті на 140 мм через кожні 70 мм, в залежності від форми зварювальних деталей.

Привод зварного зусилля, що забезпечує опускання верхнього електроду і стиснення деталі при зварюванні складається із направляючої, циліндра, кришки, двох поршнів зі штоками і ущільнювальних кілець.

Використання регулятора циклу зварювання РЦС-502, що призначений для управління циклом зварювання точкових машин змінного струму, дозволяє підвищити якість зварювання, надійність роботи і швидкість роботи машини (до 300 зварних точок за хвилину) за рахунок більш точного регулювання затримок часу, використання більш жорстких режимів зварювання, безконтактної схеми управління. Регулятор дозволяє змінювати час витримки в межах 0,02...2,0 секунди на 5-ти позиціях: попереднє стискання; стискання; зварювання; проковування; пауза.

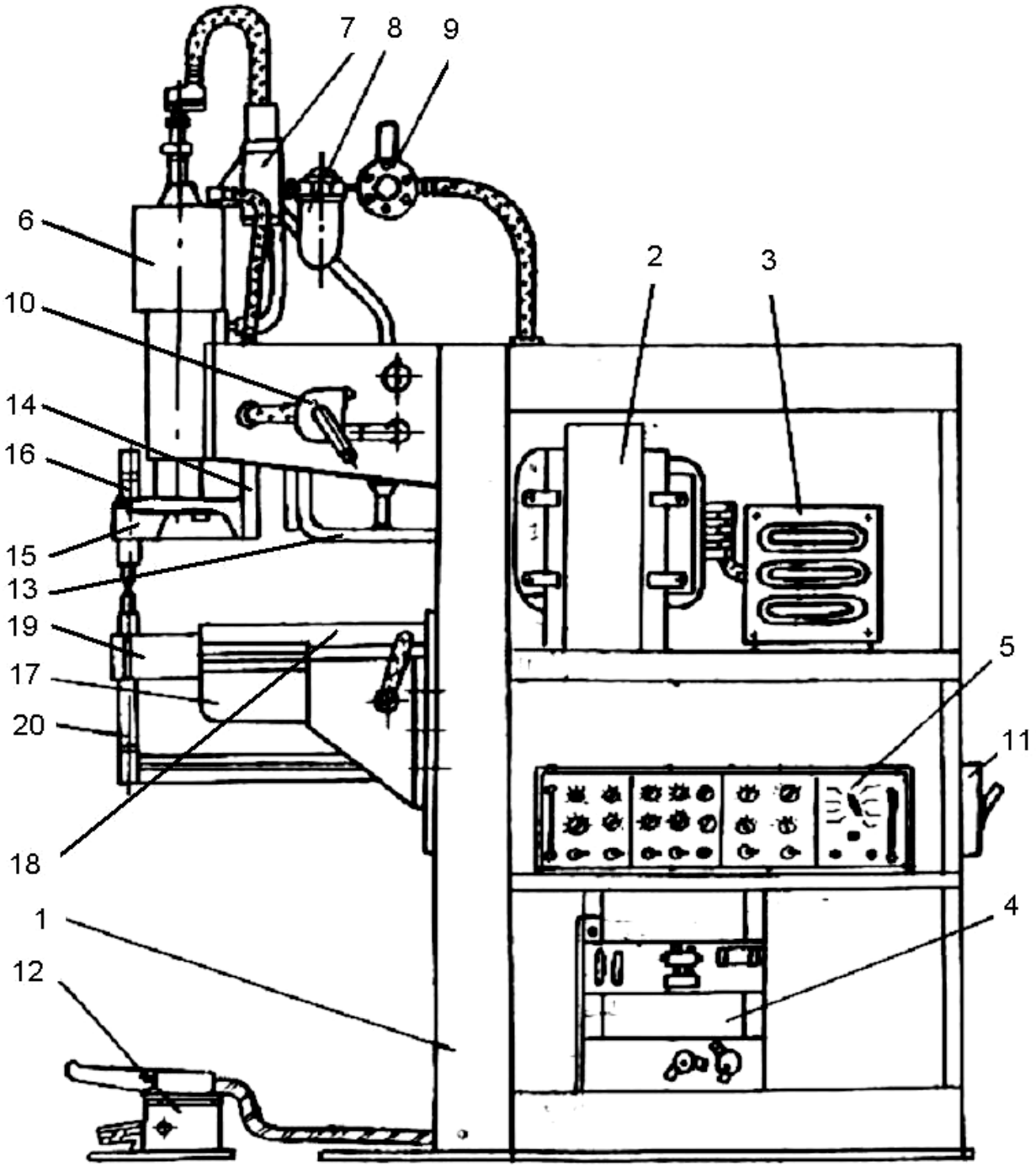


Рисунок 3.1 – Будова точкової машини МТ-1216

3.2 Обладнання

Машина для точкового зварювання МТ-1216, регулятор циклу зварювання РЦС-502-1.

3.3 Хід виконання роботи

3.3.1. Ознайомитись з питаннями техніки безпеки.

3.3.2. Провести налагодження машини і випробувати в дії всі механізми.

3.3.2.1 В залежності від форми і розмірів зварюваних деталей встановити відстань між верхнім і нижнім електродами.

3.3.2.2 Встановити величину оптимального робочого ходу верхнього електрода в залежності від товщини і форми зварюваних деталей.

3.3.2.3 Підключитись до водяної і повітряної магістралі.

3.3.2.4 Вийняти штепсельні ножі з перемикача ступенів.

3.3.2.5 Подати напругу, для чого ручку вимикача повернути в положення “Ввімкнено”.

3.3.2.6 Регулятором тиску встановити по манометру необхідний для зварювання даної деталі тиск повітря. Тиск підбирається в відповідності з зусиллям, необхідним для стиснення електродів по таблиці яка прикріплена на корпусі машини.

3.3.2.7 Відрегулювати дроселюючи клапани (обертанням регулюючого гвинта), які забезпечать плавне безударне опускання верхнього електрода.

3.3.3. Після опробування машини на холостому ходу встановити режими зварювання. Необхідний режим установлюється шляхом підбору величин зусилля стиснення електродів, ступеня трансформатора і часу проходження зварного струму через зварювані деталі.

3.3.4. Провести точкове зварювання.

3.4 Зміст звіту

3.4.1 Назва роботи, мета і короткі теоретичні відомості.

3.4.2 Будова точкової машини та її налагодження.

3.4.4 Висновки по роботі.

3.5 Контрольні запитання

3.5.1 Класифікація машин для електроконтактного точкового зварювання.

3.5.2 Будова машини для електроконтактного точкового зварювання.

3.5.3 Призначення складових вузлів машини.

3.5.4 Етапи циклу точкового зварювання.

3.5.5 Принцип роботи машини та регулятора циклу зварювання.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

ВИВЧЕННЯ ХАРАКТЕРУ ФОРМУВАННЯ З'ЄДНАННЯ ПРИ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОГО ТОЧКОВОМУ ЗВАРЮВАННІ

Мета роботи: вивчити характер формування з'єднання при контактному точковому зварюванні деталей однокової та різної товщини.

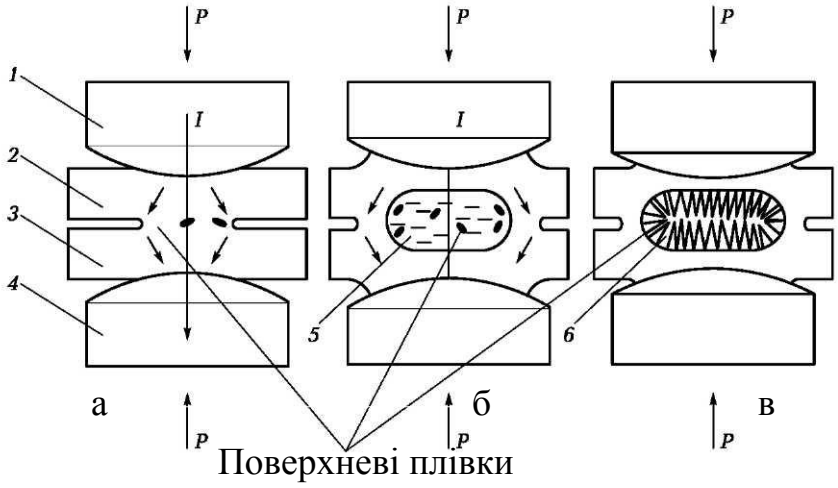
5.3 Короткі теоретичні відомості

При контактному точковому зварюванні деталі з'єднуються на окремих ділянках їхнього торкання – точках. Деталі збирають внапуск, затискають між електродами з мідних сплавів, підключеними до вторинної обмотки зварювального трансформатора, і пропускають через місце зварювання короткий імпульс електричного струму.

В області контакту між деталями метал розплавляється, утворюючі *ядро* зварної точки. Під дією стискального зусилля відбувається пластична деформація металу, по периметрі ядра формується ущільнюючий пасок, що охороняє ядро від окислення й виплеску.

Нагрівання при контактному точковому зварюванні звичайно здійснюється імпульсами змінного струму (50 Гц) або уніполярними імпульсами (струм однієї полярності зі змінною амплітудою протягом імпульсу) відносно малої тривалості (0,01...0,5 с).

Необхідною й достатньою умовою утворення з'єднання при контактному точковому й шовному зварюванні є утворення загальної зони розплавленого металу (ядра) заданих розмірів. Формування з'єднань при контактному точковому зварюванні відбувається значною мірою за єдиною схемою, що складається із трьох етапів (рисунок 4.1).



1 – верхній електрод; *2, 3* – детали, що зварюються; *4* – нижній електрод; *5* – лите ядро; *6* – точка, що закристалізувалася;

Рисунок 4.1 – Етапи (а-*в*) формування з'єднання при контактному точковому зварюванні

Перший етап (рисунок 4.1, *а*) починається з моменту включення струму і характеризується утворенням електричного контакту, нагріванням і розширенням твердого металу, що приводить до збільшення зазорів, витисненню металу в зазор під дією зварювального зусилля і утворенню ущільнюючого ядро паска.

Другий етап (рисунок 4.1, *б)* відрізняється подальшим збільшенням площі контактів, виникненням і ростом розплавленого ядра до встановленого (номінального) для даної товщини деталей діаметра *d*я. На цьому етапі відбувається дроблення й перерозподілення поверхневих плівок у рідкому металі, тривають процеси пластичної деформації й розширення металу.

Третій етап (рисунок 4.1, *в)* у більшості випадків починається з моменту вимикання струму й характерний охолодженням і кристалізацією металу.

Основні процеси, що забезпечують одержання з'єднання, наведені на рисунку 4.2.

Рисунок 4.2 – Схема процесів утворення з'єднань при контактному точковому зварюванні

Ступінь пластичної деформації нагрітого металу у внутрішній зазор відносно невеликий і не забезпечує видалення оксидних плівок з поверхні контакту деталь-деталь.

Проте зазначена деформація відноситься до основних процесів контактного точкового зварювання, її роль у формуванні з'єднання зводиться до одержання необхідної площі електричного контакту, утворенню навколо ядра ущільнюючого паска із твердого металу, що перешкоджає видавлюванню (виплеску) рідкого металу з ядра й захищає його від взаємодії з оточуючою атмосферою. Зміна зусилля дає можливість управляти процесами кристалізації й впливає на величину залишкових напружень.

Поверхневі плівки, як правило, більш тугоплавкі, чим основний метал (виключення становлять оксиди заліза), повністю руйнуються і перерозподіляються лише в рідкому металі. Цей процес – один з основних, тому що він сприяє видаленню поверхневих плівок, що заважають взаємодії в рідкій фазі. Руйнування й видалення зазначених плівок у рідкому металі відбувається під дією певних сил, які мають електродинамічну природу. Дія цих сил приводить до інтенсивного перемішування рідкого металу й вирівнювання складу ядра при зварюванні різнорідних металів.

Нагрівання при контактному точковому, рельєфному й шовному зварюванні провідний процес у формуванні температурного поля й утворення з'єднань. При нагріванні деталей полегшуються процеси пластичної деформації мікровиступів і руйнування оксидних плівок.

Залежно від часу нагрівання (тривалості імпульсу струму) умовно розрізняють жорсткі й м'які режими зварювання. *Жорсткі* режими характеризуються потужними імпульсами струму малої тривалості (звичайно менш 0,1 с для товщини деталей у діапазоні 0,8...4 мм). Нагрівання при цьому супроводжується досить високими градієнтами температур і визначається в основному розподіленням щільності струму. Зона максимальних температур у цьому випадку зміщена до границь контактів. *М'які* режими характеризуються значною тривалістю протікання струму при істотній ролі теплообміну в самих деталях і між деталями й електродами. Ізотерми високих температур мають вигляд еліпсів. Тривале нагрівання металу при м'яких режимах істотно міняє первісне електричне поле. Області, що відрізняються підвищеною щільністю струму, нагріваються, їхній опір підвищується, що приводить до перерозподілу струму, вирівнюванню нерівномірності електричного й теплового полів і зсуву зони максимальних температур від периферії до центра контакту. Нерівномірність нагрівання зменшується також в результаті пластичної деформації металу й пов'язаного з нею ефекту саморегулювання температурного поля.

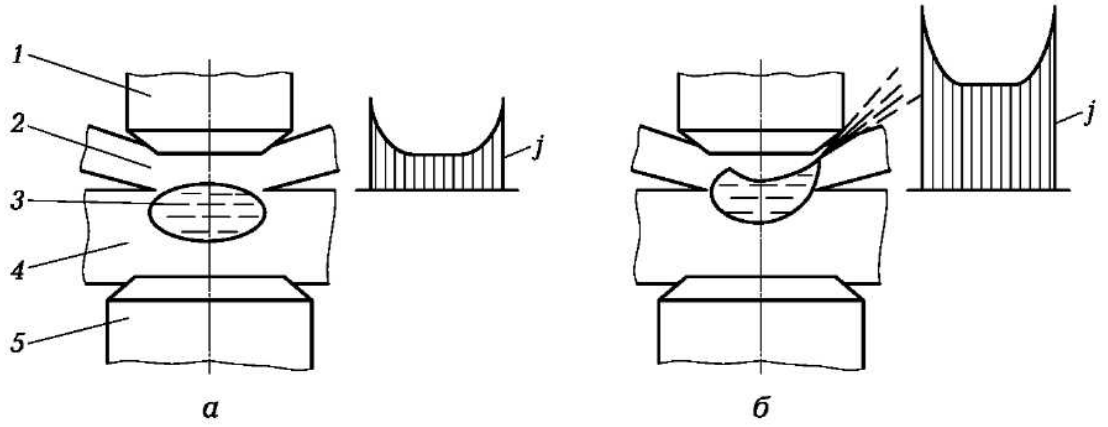
Розплавлене ядро утвориться лише через деякий час із моменту включення струму, що становить у середньому $(0,3...0,5)\cdot t_{зв}$. Потім ядро продовжує рости, досягаючи розмірів, які визначаються режимом зварювання. При цьому зі збільшенням крутості фронту наростання струму швидкість росту ядра зростає. Звичайно температурне поле розглядають у момент вимикання

струму, тому що в цей час температури, як правило, досягають максимальних значень.

Температурне поле й розміри ядра можна регулювати за рахунок зміни величини енергетичних параметрів – сили струму, тривалості його протікання й зварювального зусилля. Збільшення сили струму приводить до росту ядра. Однак при даних тривалості імпульсу й зусиллі діаметр ядра має граничне (критичне) значення, тому що подальше підвищення сили струму приведе до виплеску рідкого металу. З ростом зусилля ядро зменшується за рахунок розвитку пластичної деформації, збільшення площі контактів і зниження щільності струму.

При необхідності з'єднання деталей різної товщини виникає ряд труднощів внаслідок специфічного розподілу щільності струму в обох деталях, неоднакового відводу теплоти від розплавленої зони до електродів і зниженого опору деформації тонкої деталі. У порівнянні зі зварюванням деталей однакової товщини при з'єднанні товстої й тонкої деталей через сильне розтікання струму в товстій деталі різко зростає щільність струму на периферії контакту деталей. Крім того, неоднакове видалення зони розплавлювання від робочої поверхні електродів створює в тонкій деталі більше високий градієнт температур, а тому більше сильний потік теплоти в електрод.

У результаті цих явищ ядро розташовується несиметрично щодо стику деталей і зміщається до їхнього центра (рисунок 4.3). Проплавление тонкої деталі зменшується. При великій різниці у товщині може виникнути повний непровар. Прагнення підвищити температуру тонкої деталі різко підсилює її деформацію: у ній з'являються глибокі вм'ятини від електродів, розкриваються зазори між деталями. Всі ці обставини зменшують стійкість процесу зварювання.



1 – верхній електрод; *2* – тонка деталь; *3* – лите ядро;
4 – товста деталь; *5* – нижній електрод

Рисунок 4.3 – Зона розплавлювання й щільність струму *j* при зварюванні деталей різної товщини: *а* – на м'якому режимі; *б* – на жорсткому режимі

Застосування м'яких режимів з відносно малою щільністю струму підсилює відвід теплоти в електроди й зсув ядра. Збільшується деформація тонкої деталі. Застосування твердих режимів підвищує й без того високу щільність струму на периферії: різко зростає схильність до виплесків (внутрішніх і навіть зовнішніх під електрод), ядро здобуває специфічну форму.

Перераховані труднощі проявляються вже при відносно невеликій різниці в товщині, однак зсув ядра й деформації при цьому ще не великі. Збільшення розходження в товщині деталей (більше 1:3 для сталей і 1:2 для алюмінієвих сплавів) ставить перед технологом серйозну проблему збільшення стійкості процесу.

Для запобігання зсуву ядра усередину товстої деталі, а також для стійкого проплавлення тонкої деталі розроблено багато способів. Всі вони спрямовані на підвищення температури нагрівання тонкої деталі. Деякі переважно підсилюють тепловиділення в ній (і в контакті деталей), інші в основному зменшують відвід теплоти. Найкращий ефект досягається при комплексному впливі обох факторів.

Способи, засновані на посиленні тепловиділення, використовують звичайно більше тверді режими. До таких способів відносять застосування рельєфів, прошарків, спеціальних електродів, штучне стискання ліній струму магнітним полем. Способи, засновані на зміні схеми відводу теплоти, використовують звичайно м'які режими. До таких способів можна віднести зміна розмірів контактної поверхні електрода й застосування електродних металів з меншою теплопровідністю, використання теплових екранів.

Рельєфи на тонкій або товстій деталях дозволяють перерозподілити щільність струму. У контакті деталь-деталь щільність струму різко збільшується (за рахунок малої площі торкання рельєфу) і мало змінюється в процесі зварювання. Концентрація теплоти в контакті й тонкій деталі зростає. Іноді замість штампувння рельєфів застосовують рельєфи, у вигляді шайб, кульок і т.п.

Розміщення в контакті деталей прошарків з металів з більш високим питомим опором дозволяє при відносно малих щільностях струму одержати надійне проплавлення тонкої деталі. Температура в тонкій деталі росте не тільки через великий опір самих прошарків, але й додаткового контактного опору між прошарком та деталями.

Для підвищення щільності струму з боку тонкої деталі іноді встановлюють електроди з кільцевою проточкою, що штучно звужує лінії струму поблизу робочої поверхні електрода.

Збільшити щільність струму можна запресовуванням в електрод (зі сторони тонкої деталі) кільця з матеріалів з малої електропровідністю. Це приводить до штучного стискання ліній струму на робочій поверхні електродів. Така конструкція електрода дозволяє одночасно трохи зменшити деформацію тонкої деталі. Однак експлуатація електродів ускладнена, тому що повинні витримуватись жорсткі допуски по висоті цих кілець відносно робочої поверхні електрода. Крім того, зношування центральної частини створює додаткові труднощі (міняється вихідний розподіл зусиль і стійкість процесу).

Відомі спроби фокусування ліній електричного струму за рахунок взаємодії зварювального струму з його власним магнітним полем. Для цього магнітне поле з боку тонкої деталі підсилюють шляхом розміщення навколо електрода феромагнітних осердь, вставок або інших пристроїв.

Найчастіше застосовують електроди з різною площею робочої поверхні. Розходження в площі контактів електродів дозволяє зменшити відвід теплоти від тонкої деталі й збільшити – від товстої, тобто одержати необхідний градієнт температур у тонкій деталі. Чим вище тепло- і електропровідність металів, що зварюються, тим більше повинне бути розходження в площі електродів.

Іноді з боку тонкої деталі встановлюють електрод з металу з меншої теплопровідністю, чим з боку товстої. Чим більше різниця в товщині, тим меншою теплопровідністю повинен володіти цей метал. Застосування електродів з малої теплопровідністю дозволяє в більшості випадків не тільки запобігти зсуву ядра, але й одержати випуклу ізотерму $T_{пл}$ у тонкій деталі, тобто її надійне проплавлення.

Теплові екрани, що поміщаються між тонкою деталлю й електродом, слугують перешкодою на шляху відводу теплоти в електрод. Екрани, як правило, виготовляють із металів з низкою теплопровідністю товщиною 0,05...0,15 мм. Регулюючи товщину екранів і вибираючи метал з необхідними властивостями для їхнього виготовлення, можна зміщати зону розплавлювання в широких межах: від стійкого формування ядра в контакті до наскрізного проплавлення тонкої деталі.

Екрани виконують змінними або такими, що залишаються. Змінні екрани допускають багаторазове використання, їх виготовляють з більш тугоплавких металів, ніж самі деталі, і застосовують у вигляді стрічки, що змотується на барабани. Екрани, що залишаються, передбачають не тільки наскрізне проплавлення тонкої деталі, але обов'язково хоча б часткове проплавлення екрана. По суті цей випадок представляє собою зварювання деталей потрійної товщини з надійним проплавленням середньої (тонкої).

Для підвищення опору деформації тонкої деталі з її сторони встановлюють електроди зі сферичною формою робочої поверхні. Глибина вм'ятини й зазори трохи зменшуються. Однак найбільш ефективним засобом є додаткове регульоване стискання периферії зварної точки за допомогою спеціальних електродів.

4.2 Обладнання та матеріали

Машина для точкового зварювання МТ–1216, регулятор циклу зварювання РЦС–502–1, заготовки різної товщини із маловуглецевої сталі, шліфувальний папір, розривна машина.

4.3 Хід виконання роботи

4.3.1 Ознайомитись з питаннями техніки безпеки.

4.3.2 Провести точкове зварювання пластин з маловуглецевої сталі однакової товщини на жорсткому та м’якому режимі. Режим зварювання підібрати по таблиці 5.1.

4.3.3 Провести точкове зварювання пластин з маловуглецевої сталі різної товщини на жорсткому та м’якому режимі.

4.3.4 Провести точкове зварювання пластин з маловуглецевої сталі різної товщини на жорсткому та м’якому режимі з використанням теплових екранів з нержавіючої сталі товщиною 0,1-0,3 мм.

4.3.5 Провести візуальний контроль зварних з’єднань та механічне випробування отриманих з’єднань на зріз.

4.3.6 Оформити результати роботи у вигляді таблиці.

4.4 Зміст звіту

4.4.1 Назва роботи, мета і короткі теоретичні відомості.

4.4.2 Результати дослідів і випробувань (рисунки і таблиці).

4.4.3 Висновки по роботі.

4.5 Контрольні запитання

4.5.1. Необхідна й достатня умова утворення з'єднання при контактному точковому й шовному зварюванні.

4.5.2. Етапи формування з'єднання при контактному точковому зварюванні.

4.5.3. Основні та супутні процеси, що відповідають за утворення з'єднання при контактному точковому зварюванні.

4.5.4. Основні причини виникнення непроварів при точковому зварюванні пластин різної товщини.

4.5.5. Способи запобігання зсуву ядра усередину товстої деталі та забезпечення стійкого проплавления тонкої деталі при точковому зварюванні пластин різної товщини.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

ТЕХНОЛОГІЯ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОГО ТОЧКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ МЕТАЛІВ

Мета роботи: Ознайомитись з технологією і параметрами режиму точкового зварювання.

5.1 Короткі теоретичні відомості

Основними параметрами режиму точкового зварювання є: струм зварювальний (амплітудний або діюче його значення), тривалість проходження струму, зусилля стиснення деталей електродами до зварювання, під час та після зварювання (проковки), діаметр робочої поверхні електрода або радіус сферичної поверхні електрода певного діаметра.

Вихідними даними щодо визначення перерахованих параметрів є фізико-механічні властивості металу і товщина деталей, що зварюються.

Зі зменшенням товщини деталей щільність зварювального струму підвищується. Матеріали з низьким питомим опором потребують більшого струму, ніж матеріали з високим питомим опором.

При високій теплопровідності та температуропровідності металу зварювання ведуть на більш жорстких режимах, тобто зменшують час проходження та збільшують силу зварювального струму.

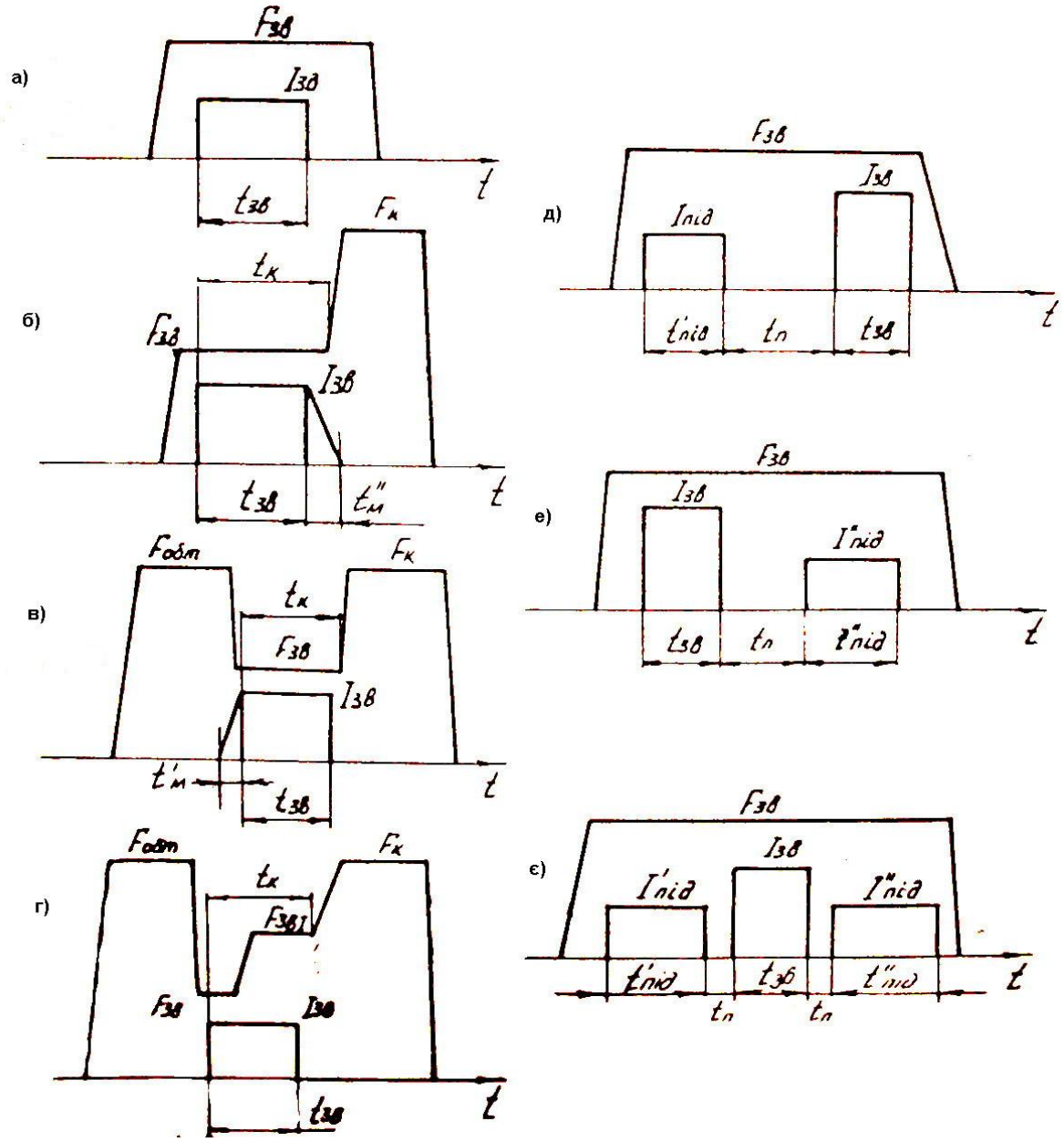
Зусилля тиску електродів також залежить від товщини зварюваних деталей і механічних властивостей металу, який зварюється.

З підвищенням коефіцієнту лінійного розширення та опору пластичної деформації треба збільшувати тиск на електродах та встановлювати більш м'які режими. Циклограми точкового зварювання наведені на рисунку 5.1

Розмір та якість зварних точок залежать також від форми, величини контактної робочої поверхні електродів. Форма робочої поверхні звичайно відповідає конфігурації зовнішньої поверхні деталей. Для листових, плоских чи не дуже зігнутих деталей застосовують циліндричну (плоску) чи сферичну форму робочої поверхні електродів. Параметри режиму зварювання звичайно визначають за спеціальними номограмами, таблицями чи обчислювальним шляхом.

На практиці для визначення режиму зварювання частіше використовують спеціальні таблиці. Наприклад, зварювання виробів із маловуглецевих сталей може відбуватися як на м'яких, так і на жорстких режимах (табл. 5.1) при обмежених величинах зусилля на електродах, які мають плоску робочу поверхню, звичайно використовують циклограму з постійним зусиллям і одним імпульсом зварювального струму (рис. 5.1 а). Якщо товщина деталей більш ніж 2 мм, зварювання відбувається за циклограмою з попереднім обтисненням деталей, а також з їх проковуванням зусиллями підвищеної величини (рис. 5.1 в, г). Маловуглецеві гарячекатані сталі з товщиною більше 4 мм потребують використання м'яких режимів з відносно низькою щільністю

струму. Для зварювання цих товщин потрібно також підвищувати зусилля зварювання та проковування, а також і тривалість проходження струму.



$F_{зв}$ – зусилля зварювання; $F_к$ – зусилля проковування; $F_{обт}$ – обтискування; $I_{зв}$ – зварювальний струм; $I'_{під}, I''_{під}$ – струм підігріву; $t_{зв}$ – тривалість струму зварювання; $t'_{під}$ – тривалість імпульсу струму підігрівання перед зварювальним струмом; $t''_{під}$ – тривалість імпульсу струму підігрівання після зварювального струму; $t_п$ – тривалість паузи між імпульсами струму; $t'_м, t''_м$ – – тривалість модулювання зварювального струму; $t_к$ – тривалість підвищення зусилля проковування.

Рисунок 5.1 – Типові циклограми зварювальних струму та зусилля при точковому зварюванні

Таблиця 5.1– Орієнтовні режими точкового зварювання маловуглецевих холоднокатаних сталей товщиною до 2 мм

Товщина металу, мм	∅ ел-ду, мм	Характер режиму								
		жорсткий			середній			м'який		
		Fзв, daH	$I_{зв}$, кА	tзв, с	Fзв, daH	$I_{зв}$, кА	tзв, с	Fзв, daH	$I_{зв}$, кА	tзв, с
0,5	3,5	120	6,5	0,08	100	5,5	0,1	100	4	0,2
0,8	4,5	180	9,0	0,1	125	8,5	0,12	125	7,0	0,3
1,0	5,0	230	10,5	0,12	150	9,5	0,2	150	7,5	0,4
1,5	6,5	400	12	0,18	300	10,5	0,3	300	8,5	0,54
1,8	7,0	500	12,5	0,2	350	12,5	0,44	350	10,5	0,6
2,0	7,5	600	19	0,22	350	12,5	0,44	350	10,5	0,6

Якщо зварюють деталі різної товщини, робочі параметри режиму вибирають по меншій товщині.

При зварюванні деталей із різнорідних матеріалів із-за неоднакового виділення та відведення тепла діаметр ядра та глибина проплавлення збільшується в деталях з високим питомим опором та меншим коефіцієнтом теплопровідності. Крім цього при зварюванні різнорідних металів точковим зварюванням імпульсами уніполярного струму (постійного або струмом розрядження конденсаторів) слід ураховувати ефект Пельт’є. Цей ефект виявляється у виділенні додаткового або вбиранні такого ж тепла із загального у контакті деталь-деталь. Якщо електрони зварювального струму спрямовані із металу з відносно підвищеною енергією власних електронів у метал з відносно меншою енергією власних електронів, то спостерігається підвищення величини загального тепла на величину тепла Пельть'є. Якщо електрони прямують у протилежному напрямку, то загальне тепло між деталями зменшується на величину тепла Пельть'є. Для запобігання виникнення непроварів та суттєвого викривлення форми литого ядра в зв'язку з проявленням ефекту Пельть'є під час точкового зварювання, наприклад, нержавіючої сталі із низьковуглецевою потрібно, щоб негативний полюс джерела живлення постійно знаходився з боку нержавіючої сталі.

Способи зварювання різнорідних матеріалів, що утворюють між собою під час розплавлення ряд твердих розчинів, які забезпечують номінальне проплавлення одночасно обох деталей, не відрізняються від способів, що використовуються при зварюванні деталей різної товщини.

Підготовка деталей до зварювання й складання мають також суттєвий вплив на якість зварного з’єднання. При підготовці поверхонь до будь-якого виду контактного зварювання, у тому числі й точкового, повинні виконуватися три основні вимоги:

1. У контактах електрод-деталь повинен бути забезпечений якомога менший опір.

2. У контакті деталь-деталь опір повинен бути однаковим по всій площі контакту.

3. Контактуючі поверхні деталей повинні бути рівними, а площини їхнього стискання при зварюванні повинні співпадати.

Вибір конкретного способу підготовки поверхонь визначається матеріалом деталей, вихідним станом їхніх поверхонь, характером виробництва.

Для одиночного й дрібносерійного виробництва необхідно передбачити операції виправлення, рихтування, знежирення, травлення або зачищення, механічної обробки. В умовах крупносерійного й масового виробництва забезпечується висока якість вихідних матеріалів у заготівельному й штампопресовому виробництві, тому підготовку поверхонь перед зварюванням можна не робити. Виключення становлять деталі з алюмінієвих сплавів, поверхню яких необхідно обробляти не раніше ніж за 10 годин до зварювання.

Критерієм якості підготовки поверхні є величина контактних опорів. Для їхнього виміру деталі затискають між електродами контактної машини, але зварювальний струм не вмикають. Опір вимірюють мікроомметром за допомогою щупів. Для сталей опір більше 200 мкОм свідчить про погану якість поверхні.

Високий опір в контакті електрод-деталь приводить до перегріву електродів і підплавленню поверхні деталей, внаслідок чого відбувається зовнішній і внутрішній виплеск металу й утворюється надмірна вм'ятина під електродами.

Щоб забезпечити точність, складання деталей роблять у пристосуваннях: універсальних – в одиничному й дрібносерійному виробництві й спеціальних – у крупносерийному і масовому. Для фіксації деталей використовують їхні технологічні отвори, виступи, рельєфи.

Деталі в пристосуваннях прихоплюють зварюванням у декількох точках і остаточно зварюють у вільному стані. Іноді у пристосуваннях виконують весь процес зварювання.

Пристосування повинні забезпечувати вільний доступ електродів до місця прихватки й зварювання, швидке й надійне закріплення деталей, точність складання й незмінність режиму зварювання.

Перші прихватки варто розташовувати в місцях великий жорсткості, інші – у напрямках від середини до країв.

5.2 Обладнання та матеріали

Машина для точкового зварювання МТ–1216, регулятор циклу зварювання РЦС–502–1, заготовки різної товщини із різного матеріалу, шліфувальний папір, розривна машина.

5.3 Хід виконання роботи

5.3.1 Ознайомитись з питаннями техніки безпеки.

5.3.2 Провести точкове зварювання пластин різної товщини з вуглецевої сталі на жорсткому та м'якому режимі. Режим зварювання підібрати по таблиці 5.1.

5.3.3 Оцінити продуктивність зварювання на різних режимах, провести візуальний контроль зварних з'єднань та провести механічне випробування отриманих з'єднань на зріз.

5.3.4 Для точкового зварювання пластин однакової товщини з вуглецевої сталі експериментально визначити мінімальний крок між точками, при якому їх розмір та форма будуть однаковими.

5.3.5 Провести механічне випробування на зріз зварних з'єднань з різним кроком між точками.

5.3.6 Оформити результати роботи у вигляді таблиці.

5.4 Зміст звіту

5.4.1. Назва роботи, мета і короткі теоретичні відомості.

5.4.2. Результати дослідів і випробувань (рисунки і таблиці).

5.4.3. Висновки по роботі.

5.5 Контрольні запитання

5.5.1. Основні параметри точкового зварювання.

5.5.2. Типові циклограми при точковому зварюванні.

5.5.3. Основні умови отримання якісного з'єднання при точковому зварюванні.

5.5.4. Особливості точкового зварювання деталей різної товщини.

5.5.5. Шунтування струму при точковому зварюванні.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

ВИВЧЕННЯ БУДОВИ І РОБОТИ МАШИНИ ДЛЯ КОНДЕНСАТОРНОГО ЗВАРЮВАННЯ ТКМ-7

Мета роботи: Набути практичні навички роботи на машині для конденсаторного зварювання і вивчити її будову.

6.1 Короткі теоретичні відомості

Конденсаторне зварювання — це спосіб з`єднання деталей з нагрівом струмом, що виникає при розряді накопиченої енергії в конденсаторах. Накопичувану енергію в конденсаторах можна виразити формулою:

$$E = \frac{C \cdot U^2}{2}, \qquad (6.1)$$

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

Найбільш поширене зварювання з розрядом через понижуючий трансформатор, що індукує великі короткочасні 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 $К_{тр}$ (коефіцієнт трансформації). З підвищенням U і C зростає максимальний струм і підвищується тривалість розряду рисунок 6.1.

З підвищенням коефіцієнта трансформації $К_{тр}$ максимальний струм зменшується, тривалість розряду збільшується.

При конденсаторному зварюванні із мережі споживається малий струм, використовується просте обладнання, застосовується точне дозування енергії, забезпечуючи короткочасний нагрів і малу зону термічного впливу, що створює гарні умови для зварювання деталей із різнорідних і однорідних металів.

Конденсаторна машина ТКМ-7 застосовується для точкового зварювання виробів різноманітних металів і сплавів в приладобудуванні, машинобудуванні, радіотехніці, виробництві апаратури засобів зв`язку, фотоапаратів, ювелірних виробів.

Конденсаторна машина дозволяє отримувати якісні зварні з’єднання деталей із маловуглецевої, нержавіючої сталі, мідних сплавів, нікелю, фехралю, манганіну, константану, титану, а також з’єднань різнорідних матеріалів сталь + (латунь, ніхром, бронза, нікель), фосфориста бронза + (латунь, срібло, нікель).

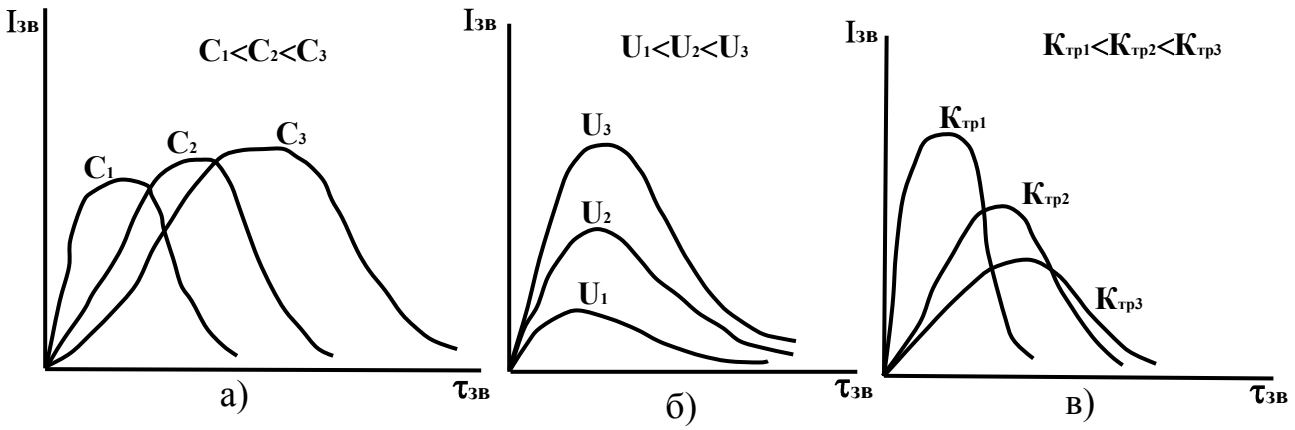


Рисунок 6.1 - Графіки залежності від часу зварювання струмів при великих і малих значеннях ємності, напруги і коефіцієнта трансформації

Загальний вигляд конденсаторної машини ТКМ-7 представлений на рисунку 6.2.

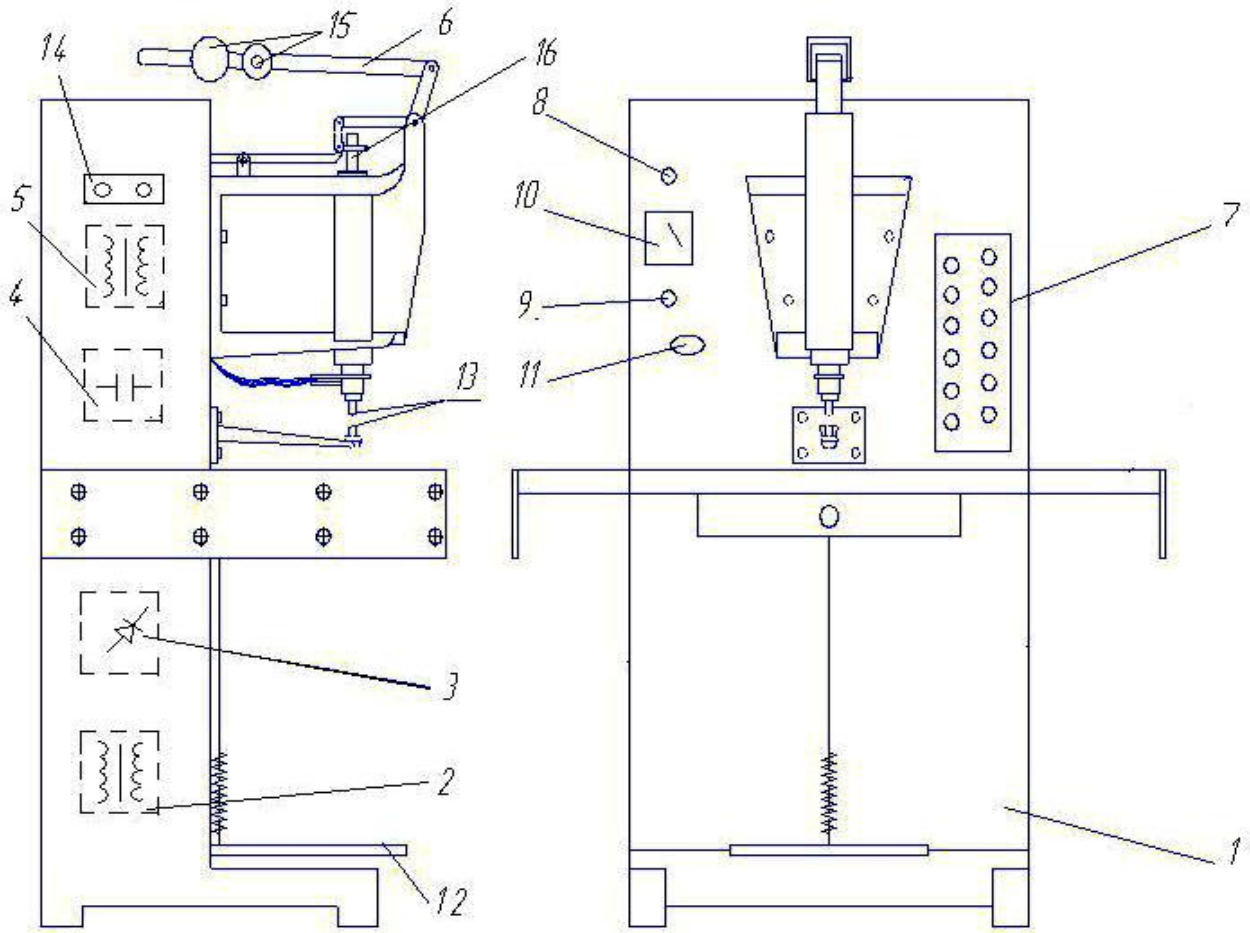


Рисунок 6.2 – Загальний вигляд машини ТКМ-7

Машина має металевий корпус *1*, в середині якого знаходиться підвищуючий трансформатор *2*, випрямляч *3*, блок конденсаторів *4* та понижуючий трансформатор *5*. В верхній частині передньої стіни корпусу розмішені (над робочим столиком): механізм стискання *6*, перемикач *7* для регулювання ємностей батареї конденсаторів та коефіцієнта трансформації понижаючого трансформатора *5*, сигнальна лампа *8*, індикатор зарядки *9*, індикатор напруги *10*, вмикач живлення машини *11*, штепсельне гніздо перемикача *14*.

В нижній частині шафи розміщена педаль машини *16*, 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. В конусне гніздо цього наконечника вмонтовано верхній електрод.

Електрична схема машини ТКМ-7 показана на рисунку 6.3 і має такі особливості:

- стабілізовану напругу зарядки конденсаторів (при коливаннях напруги в мережі в діапазоні 170-220 В воно дорівнює 1000 В $\pm$ 2 %);
- випрямлення струму селеновим випрямлячем;
- комутація зарядного і розрядного струму механічним перемикачем із зносостійкими вольфрамово-мідними контактами.

Робота електричної схеми полягає в наступному. При подачі напруги на її вхідні зажими і включенні двохполюсного вимикача *S1* отримує живлення первинна обмотка стабілізуючого випрямляючого трансформатора *T1*. Відразу після цього починається зарядка конденсаторів *C2* від селенового випрямляча VD1 VD4, ввімкненого за двухперіодною схемою (зарядка триває менше 0,5 с). Кількість конденсаторів, що заряджаються залежить від кількості штекерів ввімкнених у верхньому ряду штепсельних роз’ємів перемикача *ПШ*. Потім при перемиканні рухомої планки перемикача *S2* із правого положення в ліве виконується розмикання кола зарядки конденсаторів і їх миттєвий розряд на первинну обмотку зварювального трансформатора *T2* (в останньому регулювання коефіцієнта трансформації виконується перестановкою штекера в одне із положень у нижньому ряду штепсельних роз’ємів перемикача *ПШ*). При цьому індукування у вторинному витку трансформатора імпульсу струму призводить до зварювання деталей, які зажаті між електродами машини.

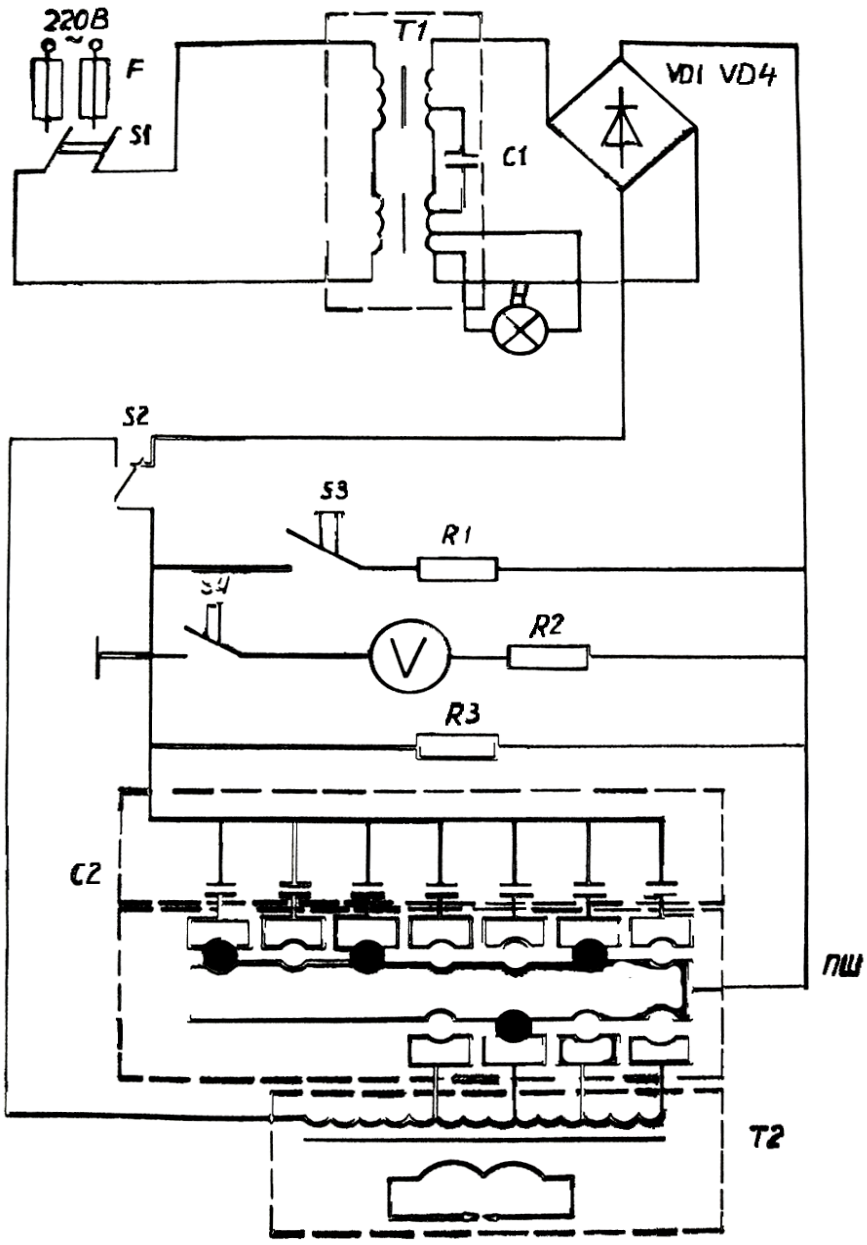


Рисунок 6.3 – Електрична схема машини ТКМ-7

Після відпускання педалі машини виконується перемикання рухомої планки перемикача *S2* із лівого положення в праве і конденсатори знову заряджаються для зварювання наступної точки.

Індикатор напруги потрібен для періодичного контролю напруги на конденсаторах і для перевірки їх робочої здатності. Сигнальна лампа *Н* показує, що схема машини знаходиться під напругою кола живлення.

Треба відмітити, що в даній машині для попередження можливості ураження електричним струмом оператора і персоналу при огляді її внутрішніх вузлів передбачені:

- механічне блокування, яке робить неможливим зняття задньої кришки машини доки не буде витягнута із її вхідних зажимів штепсельна колодка (це забезпечує відключення машини від мережі живлення при знятті задньої кришки);

- електричне блокування, забезпечує повний розряд (протягом декількох десятих секунди) конденсаторів на розрядний опір *R1*, ввімкнене через нормально розімкнуті контакти кінцевого вимикача *S3*, які замикаються при відкриванні задньої кришки машини.

Крім цього, в схемі є баластний опір *R3*, який підключений наглухо до обох зажимів, які вмикаються в роботу конденсаторів і повністю зменшує (протягом 25-30 с) їх залишковий заряд після відключення машини від мережі живлення.

6.2 Обладнання

Машина для конденсаторного зварювання ТКМ-7, пластини різних металів та сплавів.

6.3 Хід виконання роботи

6.3.1. Ознайомитись з питаннями техніки безпеки.

6.3.2. Провести точкове зварювання заготовок з різних матеріалів на машині ТКМ-7 користуючись режимом зварювання відповідно до таблиці 5.1.

6.3.3. Підключити машину до мережі 220 В, включити вимикач "Мережа".

6.3.4. При встановленні режиму зварювання необхідно підібрати Ктр (коефіцієнт трансформації), ємність (переключенням штекерів), силу стискування електродів (зміною положення важелів).

6.3.5. Провести зачищення контактних поверхонь пластин, що зварюються.

6.3.6. Провести зварювання натиском педалі.

6.3.7. Відключити машину від мережі 220 В.

6.3.8. Оцінити якість зварного з’єднання.

6.3.9. Оформити результати роботи у вигляді таблиці.

Таблиця 6.1- Режими зварювання

матеріали	ємність,мкФ	$К_{тр}$	зусилля, кг
маловуглецева сталь (0.3+0.8)мм	220	120	50
(мідь 0.1мм)+(нерж. сталь 0.1 мм)	270	120	35
маловуглецева сталь (0.4+0.4)мм	200	120	55

6.4 Зміст звіту

6.4.1 Назва роботи, мета і короткі теоретичні відомості.
6.4.2 Результати дослідів і випробувань (рисунки і таблиці).
6.4.3 Висновки по роботі.

6.5 Контрольні запитання

6.5.1 Призначення та будова машини ТКМ–7.
6.5.2 Робота електричної схеми машини.
6.5.3 Способи регулювання зварювального струму при конденсаторному зварюванні.
6.5.4 Порядок налагодження машини до роботи .
6.5.5 Технічна характеристика машини.

Рекомендована література

1. Гуляев А.И. Технология и оборудование контактной сварки: учебник для машиностроительных техникумов. – М.: Машиностроение, 1985. – 287 с.
2. Технология и оборудование контактной сварки. Под. ред. Б.Д. Орлова М.: Машиностроение, 1986. – 348 с.
3. Гельман А.С. Основы сварки давлением. – М.: Машиностроение, 1970. – 275 с.
4. Кочергин К.А. Контактная сварка – Л.: Машиностроение, 1987. – 240 с.
5. Сварка в машиностроении. Справочник в 4-х томах. Т.1 – М.: Машиностроение, 1978. – 504 с.
6. Сварка в машиностроении. Справочник в 4-х томах. Т.4 – М.: Машиностроение, 1979. – 512 с.
7. Справочник по сварке и оборудованию Л.У. Прох, Б.М. Шпаков, Н.М. Яворша – К.: Техніка, 1982. – 207 с.