

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра “Експлуатація та ремонт машин”



**ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОБЛАДНАННЯ ЗВАРЮВАННЯ**

**Методичні вказівки  
до практичних робіт**

Затверджено на засіданні кафедри  
«Експлуатація та ремонт машин»  
протокол № 9 від 29.12.2020 р.

Кропивницький-2020

Технологія та обладнання зварювання. Методичні вказівки до практичних робіт для студентів спеціальності «Матеріалознавство»/ Укл. Василенко І.Ф. Кропивницький: ЦНТУ, 2020. 52 с.

Рецензент — канд. техн. наук, доцент кафедри “Експлуатація та ремонт машин” Красота М.В.

© Василенко І.Ф.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

### ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РУЧНОГО ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

**Мета роботи:** Вивчити будову, принцип дії, електричні схеми для електродугового зварювання – трансформаторів, генераторів, випрямлячів – і навчитись вибирати зварювальні матеріали, засвоїти прийоми зварювання на різних типах зварювальних апаратів.

**Обладнання та матеріали:** джерела зварювального струму, зварювальні електроди, електродотримачі, щиток захисний, зварювальні кабелі, сталеві пластини, , зварювальний стіл, кабіна.

#### Короткі теоретичні відомості

Зварюванням називається процес отримання нероз'ємного з'єднання шляхом встановлення міжатомних зв'язків між зварюваними частинами при їх місцевому або загальному нагріві, пластичному деформуванні або при спільній дії того й іншого.

Залежно від умов, при яких здійснюється зварювання деталей, розрізняють зварювання плавленням і зварювання тиском.

Суть зварювання плавленням полягає в тому, що зварювані деталі в мікрооб'ємі розплавлюються разом з електродом при виникненні електричної дуги, температура якої сягає 6000...7000°C, а при охолодженні утворюється нероз'ємне з'єднання.

Плавлення металу в зоні зварювання може здійснюватися як електричною дугою, так і газовим полум'ям, хімічною реакцією, електронним або лазерним променем, плазмою.

Процеси зварювання поділяються, на три класи: термічний, термомеханічний і механічний.

Термічний клас об'єднує всі види зварювання, які виконуються плавленням металу і в залежності від джерела енергії поділяються на такі види: електродугове, газове, термітне, електрошлакове, електронно-променеве, плазмове, світлове та ін.

За способом захисту зварювального шва від окислювальної дії кисню та азоту із атмосфери електродугове зварювання поділяється на три типи

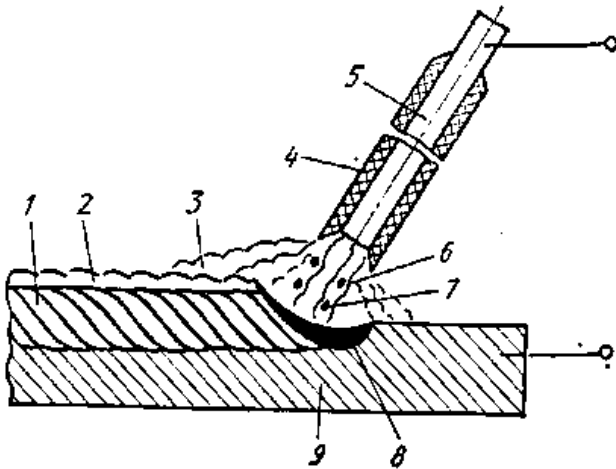
1. Ручне електродугове зварювання електродами з покриттям.
2. Напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів.
3. Автоматичне або напівавтоматичне зварювання під шаром флюсів.

Ручне дугове зварювання металевим покритим електродом відрізняється високою універсальністю та значною мобільністю, що зумовлює переважне його застосування у будівництві. Спосіб дозволяє без заміни зварювального інструменту та обладнання (при відповідному режимі зварювання) виконувати шви різних типів, перерізів та призначення, а також вести зварювання у будь-якому просторовому положенні та у

важкодоступних місцях.

При дуговому зварюванні відбувається енергійна взаємодія розплавленого металу електрода та зварювальної ванни з киснем і азотом повітря, що приводить до зміни механічних, корозійних та інших властивостей металу шва. Тому виникає необхідність захисту зони зварювання від оточуючого повітря. Цю функцію виконує спеціальне покриття, що наноситься на поверхню електродного дроту або стержня. Роль покриття полягає не тільки у захисті зони зварювання, а також в легуванні металу шва, очищенні його від шкідливих домішок та стабілізації дугового розряду.

При зварюванні покритим електродом по мірі плавлення стрижня 5 розплавляється покриття 2, створюючи залежно від його хімічного складу шлаковий або газовий захист 3, що ізолює зону дуги та зварювальну ванну 8 від атмосферного повітря (рис. 1.1). При віддаленні дуги відбувається охолодження та кристалізація металу зварювальної ванни і формування шва 1. Розплавлене покриття спливає на поверхню і після затвердіння утворює шлакову кірку 2.



*1 – зварний шов; 2 – шлакова кірка; 3 – шлаковий або газовий захист; 4 – покриття електрода (обмазка); 5 – сталевий стрижень; 6 – електрична дуга; 7 – краплі металу; 8 – зварювальна ванна; 9 – метал зварюваної деталі (основний метал)*

**Рисунок 1.1 – Схема ручного дугового зварювання**

При зварюванні деталей та вузлів металевих конструкцій переважно застосовують покриті електроди діаметром 3-6-мм Основний обсяг робіт виконується струмом 90-350А при напрузі на дузі 18-30 В. Якість швів та

зварних з'єднань, виконаних ручним дуговим зварюванням, суттєво залежить від умов роботи та виробничих навичок зварників.

## Електроди

Покритий електрод - це металевий стержень з електродного дроту, на поверхню якого нанесене покриття з порошкоподібних речовин, скріплених клеючою речовиною (найчастіше розчином рідкого скла).

За призначенням в склад покриття входять такі компоненти:

1. шлакоутворювальні, які створюють захисне шлакове покриття на поверхні крапель рідкого металу та на поверхні зварювальної ванни, знижують швидкість охолодження металу, сприяють усуненню неметалевих і газових включень;

2. газоутворювальні, які створюють газовий захист (з окису вуглецю, вуглекислого газу, вуглеводнів) рідкого металу від шкідливого впливу повітря;

3. розкислювальні компоненти, які призначені для розкислення рідкого металу, тобто зниження в ньому вмісту кисню;

4. легувальні компоненти, які призначені для легування рідкого металу окремими елементами з метою надання йому необхідних властивостей: підвищеної міцності, пластичності, зносостійкості, корозійної стійкості та інше;

5. стабілізуючі компоненти, що підвищують стійкість горіння дуги;

6. зв'язувальні компоненти, що призначені для зв'язування всіх компонентів покриття між собою та стрижнем електрода.

Залежно від складу покриття електродів бувають: кислі (А), рутилові (Р), основні (Б), целюлозні (Ц) та змішаного типу (подвійне позначення).

Для підвищення іонізації газового проміжку в покриття вводять лужні речовини: поташ ( $K_2CO_3$ ), крейду, мармур, сілікати натрію і кальцію, оксиди: титану ( $TiO_2$ ) – рутил і кремнію ( $SiO_2$ ) – польовий шпат.

Захист розплавленого металу від кисню й азоту повітря при зварюванні здійснюється газами та шлаком, які утворюються з покриття. Для утворення газового захисту зони дуги в покриття вводять органічні речовини крохмаль, декстрин, целюлозу, деревну муку, висівки, які при утворенні дуги згорають з виділенням великої кількості газів і відтискують атмосферне повітря

Крім цього, в покритті є шлакоутворюючі речовини феромарганець (FeMn), рутил ( $TiO_2$ ), польовий шпат ( $SiO_2$ ), плавиковий шпат ( $CaF_2$ ), мармур ( $CaCO_3$ ). Вони утворюють на поверхні зварювальної ванни захисну кірку та водночас стають середовищем, через яке відбувається розкислення, тобто очищення від оксидів сірки, фосфору та газів.

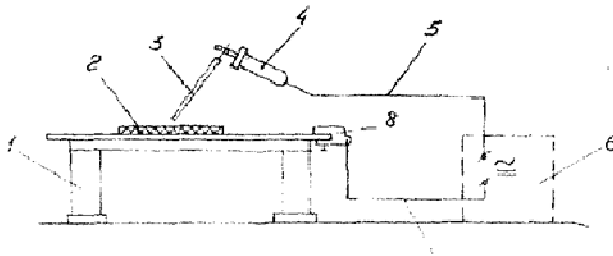
Легуючі елементи, що входять до складу електродних покриттів: феромарганець (FeMn), феротитан (FeTi), феросиліцій (FeSi) та інші

феросплави. Легуючі елементи використовують для одержання необхідного хімічного складу та механічних властивостей наплавленого металу.

В якості зв'язуючої речовини для покриття використовують головним чином, рідке натрієве скло. Всі вище зазначені речовини в порошокподібному стані перемішують з рідким склом, варять в автоклаві до утворення густої маси, наносять покриття занурюванням стрижнів або опресовкою. Потім електроди просушують.

### Обладнання

Схема робочого місця зварника зображена на рис 1.2. Джерелами живлення дуги змінним струмом є зварювальні трансформатори, а джерелами живлення постійним струмом – зварювальні випрямлячі та перетворювачі. Для оцінки джерел живлення використовують їх зовнішню характеристику, якою називають залежність напруги на виході джерела живлення від струму навантаження. Зовнішня характеристика джерела живлення дуги для ручного дугового зварювання має бути падаючою або крутопадаючою. Тільки в цьому випадку забезпечуються мінімальні зміни встановленого зварювального струму при коливаннях довжини дуги і стає можливим стійке горіння дуги. В табл. 1.1 наведені технічні характеристики зварювальних трансформаторів та випрямлячів вітчизняного виробництва, що застосовуються для ручного дугового зварювання.



*1 - робочий стіл, 2 - зварюваний виріб; 3 - електрод; 4 - електродотримач; 5,7 - ізований провід; 6 - джерело живлення дуги; 8 - трубицина.*

**Рисунок 1.2 – Схема поста ручного дугового зварювання**

Джерелами живлення дуги змінним струмом є зварювальні трансформатори, а джерелами живлення постійним струмом - зварювальні випрямлячі та перетворювачі. Для оцінки джерел живлення використовують їх зовнішню характеристику, якою називають залежність напруги на виході джерела живлення від струму навантаження. Зовнішня характеристика джерела живлення дуги для ручного дугового зварювання має бути

падаючою або крутопадаючою. Тільки в цьому випадку забезпечуються мінімальні зміни встановленого зварювального струму при коливаннях довжини дуги і стає можливим стійке горіння дуги. В табл. 1.1 наведені технічні характеристики зварювальних трансформаторів та випрямлячів вітчизняного виробництва, що застосовуються для ручного дугового зварювання.

Таблиця 1.1 Технічні характеристики трансформаторів та випрямлячів для дугового зварювання

Марка трансформатора або випрямляча	Номинальний струм зварювання, А	Межі регулювання струму, А	Діаметр електрода, мм	Габарити, мм	Маса, кг
ТДМ-180	180	38-180	2-4	330x360x940	35
ТДМ-411	400	50-420	2-8	330x360x1120	55
ВД-131	ДС*-130; АС*-180	ДС-35-130; АС-38-180	2-4	330x360x940	65
ВДУ-306	315	40-315	2-6	730x516x785	150
ВДУ-508	500	80-516	2-8	-	270

Максимальна сила струму зварювання обмежується силою струму короткого замикання, яка не повинна перевищувати робочий струм більш ніж в 1,5 раз. Напруга, необхідна для збудження дуги, називається напругою холостого ходу джерела живлення. Звичайно її значення становить 60-70 В, тоді як напруга горіння дуги при ручному зварюванні становить 16-30 В. Спадаюча характеристика джерела живлення створюється за рахунок конструкції останнього або за допомогою додаткового пристрою. Для джерел живлення змінного струму (зварювальних трансформаторів) це регульований індуктивний опір, який називають дроселем. Для джерел живлення постійного струму – це пристрій з регульованим активним опором, який називають баластним реостатом. За допомогою баластного реостата, послідовно увімкненого в коло дуги, також здійснюють ступінчасте регулювання струму зварювання в досить широких межах. Реостат складається з п'яти ступенів паралельно з'єднаних опорів, які за допомогою п'яти рубильників можуть вмикатися в коло зварювальної дуги. При цьому

мінімальний зварювальний струм буде при увімкненні рубильника 1, а максимальний – при увімкненні всіх п'яти рубильників.

### **Порядок виконання роботи**

1. Ознайомитись з лабораторним зварювальним устаткуванням та пристосуваннями.
2. Описати джерела струму для ручного дугового зварювання.
3. За вказівкою викладача дати характеристику електродів для ручного дугового зварювання.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

### МЕТОДИКА РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЇ ТА РЕЖИМІВ РУЧНОГО ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

**Мета роботи:** Вивчити технологічні параметри ручного дугового зварювання, типи зварювальних швів та навчитися розробляти методику та режими зварювання.

**Обладнання та матеріали:** зварювальний трансформатор, електроди для ручного дугового зварювання, сталеві пластини, комплект зварених з'єднань, плакати.

#### Короткі теоретичні відомості

Технологія ручного дугового зварювання передбачає виконання таких операцій: підготовку металу до зварювання, складання деталей, зварювання, обробку після зварювання та контроль якості.

Техніка ручного дугового зварювання складається з таких етапів: запалювання та підтримання дугового розряду; маніпулювання електродом для надання шву необхідної форми та підтримання постійної довжини дуги; переміщення дуги вздовж зварюваних кромок та закінчення процесу.

Основними параметрами режиму зварювання є струм  $I$  та швидкість зварювання  $V_{зв}$ . Значення струму значною мірою обумовлює теплову потужність дуги. Зі збільшенням струму зростає довжина та ширина зварювальної ванни, а також глибина проплавлення металу. При виборі струму враховують товщину металу, діаметр електрода, тип шва і положення його у просторі.

Діаметр електрода підбирають з врахуванням товщини металу:

товщина металу, мм	1-2	3	4-5	6-12	13 і більше
діаметр електрода, мм	1,5-2	3	3-4	4-5	5-8

Значення струму можна підрахувати, користуючись емпіричною формулою:

$$I = K \cdot d$$

де  $d$  - діаметр електрода, мм;

$K$  - коефіцієнт, що залежить від діаметра електрода і має такі значення:

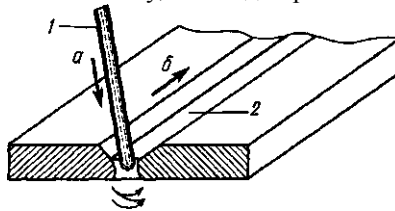
діаметр електроду, мм	2	3	4	5	6
$K$ , А/мм	25-30	30-45	35-50	40-55	45-60

Напруга при ручному дуговому зварюванні змінюється у вузьких межах (20-36В) і при розрахунку режиму не регламентується.

Зварювальну дугу збуджують двома прийомами. Можна торкнутися зварюваного виробу торцем електрода і потім відвести електрод від поверхні виробу на 3... 4 мм, підтримуючи горіння утвореної дуги. Можна також швидким бічним рухом торкнутися зварюваного виробу і потім відвести електрод від поверхні виробу на таку ж відстань (по методу запалення

сірника). Дотик електроду до виробу повинен бути короткочасним, оскільки інакше він приварюється до виробу («примерзає»). Відривати електрод, що «примерз», слід різким повертанням його управо і ліво.

В процесі зварювання електродом здійснюються такі рухи (рис.): **а** — за напрямом осі електроду 1 в зону дуги. Швидкість руху повинна відповідати швидкості плавлення електроду, щоб зберегти постійність довжини дуги; **б** — уздовж лінії зварного шва 2. Швидкість переміщення не повинна бути великою, оскільки метал електроду не встигне сплавитися з основним металом (непровар). При малій швидкості переміщення можливі перегрів і перепал металу. Шов виходить широкий, товстий. Продуктивність зварювання виявляється низкою; **в** — поперечні коливальні рухи застосовують для отримання розширеного валу шириною 3 ... 4  $d_e$ . Поперечні рухи уповільнюють охолодження металу, що наплавляється, полегшують вихід газів і шлаків і сприяють якнайкращому сплаву основного і електродного металів і отриманню високоякісного шва. Кратер, що утворюється в кінці наплавлення валу, необхідно ретельно заварити.



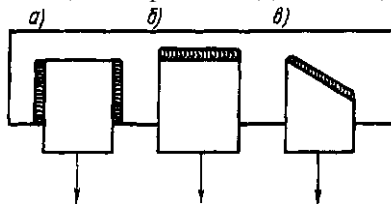
1 – електрод; 2 – лінія зварного шва.

**Рисунок 2.1 – Рухи електроду при ручному дуговому зварюванні**

Техніка виконання зварних швів залежить від вигляду і просторового положення шва.

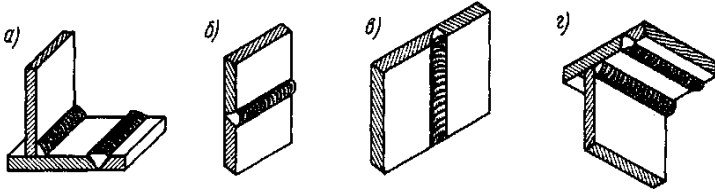
Встановлено такі типи з'єднань: стикові — умовне позначення С, з напуском — Н, таврові — Т і кутові — У.

Зварні шви підрозділяють за наступними ознаками: за положенням відносно діючої сили (рис. 2.2) — на флангові (а), лобові (б) і косі (в);



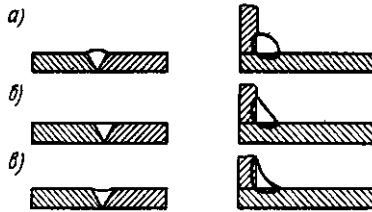
**Рисунок 2.2 – Класифікація зварних швів за положенням відносно діючої сили**

за розташуванням у просторі (рис. 2.3) — на нижні (а), горизонтальні (б), вертикальні (в) і стельові (г);



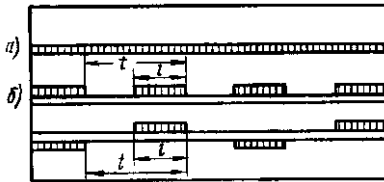
**Рисунок 2.3 – Класифікація зварних швів за розташуванням у просторі**

за зовнішньою формою (рис. 2.4) — на опуклі (а), нормальні (б) та увігнуті (в);



**Рисунок 2.4 – Класифікація зварних швів за зовнішньою формою**

за протяжністю — на безперервні або суцільні та переривисті (рис. 2.5).



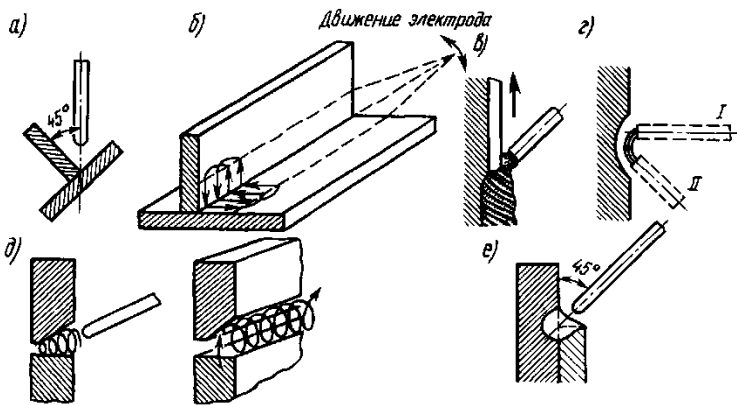
**Рисунок 2.5 – Класифікація зварних швів за протяжністю**

Опуклі шви мають більший переріз і тому називаються посиленими. Проте велика опуклість для швів, що працюють при знакозмінних навантаженнях, шкідлива, оскільки викликає концентрацію напруг в місцях переходу від шва до поверхні основної деталі. Увігнуті шви, ослаблені, застосовують, як правило, в кутових з'єднаннях; в стикових з'єднаннях вони не допускаються. Нормальні шви по перетину відповідають розрахунковим і прийняті як основний вид зварного шва. Переривисті шви застосовують в тому випадку, якщо шов невідповідальний (зварювання огорож, настилу та ін.) або якщо за міцнісним розрахунком не потрібен суцільний шов. Їх застосовують з метою економії матеріалів, електроенергії і праці зварника. Довжину проварюваних ділянок переривистого шва приймають 50... 150 мм, а проміжки роблять приблизно удвічі більше. Відстань від початку попереднього шва до початку наступного шва називають кроком шва  $t$ .

*Нижні шви* найбільш зручні для виконання, оскільки розплавлений метал електроду під дією сили тяжіння стікає в кратер і не витікає із зварювальної ванни, а гази і шлак виходять на поверхню металу. Тому по можливості слід вести зварку в нижньому положенні. Стикові шви без скосу кромки виконують наплавленням уздовж шва валу з невеликим розширенням. Необхідне добре проплавлення зварюваних кромки. Шов роблять з посиленням (опуклість шва до 2 мм). Після проварювання шва з одного боку виріб перевертають і, ретельно очистивши від патьоків і шлаку, заварюють шов з іншого боку.

Зварювання стикових швів з V-подібним обробленням при товщині кромки до 8 мм проводять в один шар, а при великій товщині — в два шари і більш. Перший шар наплавають висотою 3 ... 5 мм електродом діаметром 3 ... 4 мм. Подальші шари виконують електродом діаметром 4...5 мм. Перед наплавленням чергового шару необхідно ретельно очистити металевою щіткою оброблення шва від шлаку і бризок металу. Після заповнення всього оброблення шва виріб перевертають і вибирають невелику канавку в корені шва, яку потім акуратно заварюють. При неможливості підварити шов із зворотного боку слід особливо акуратно проварити перший шар. Стикові шви з X-подібним обробленням виконують аналогічно багат шаровим швам з обох боків оброблення.

Кутові шви в нижньому положенні краще виконувати в положенні «човник» (рис. 2.6 а). Якщо виріб не може бути так встановлений, необхідно особливо ретельно забезпечити добрий провар кореня шва і зварюваних кромки. Зварювання слід починати з поверхні нижньої кромки і потім переходити через оброблення шва на вертикальну кромку (рис.2.6 б). При накладенні багат шарового шва перший шар виконують нитковим швом електродом діаметром 3...4 мм. При цьому необхідно забезпечити добрий провар кореня шва.



**Рисунок 2.6 – Техніка виконання ручного дугового зварювання**

*Вертикальні шви* менш зручно зварювати, оскільки сила тяжіння переміщує краплі електродного металу вниз. Вертикальні шви слід виконувати короткою дугою знизу вгору (рис.2.6 в). При цьому краплі металу легше переходять в шов, а полочка, що утворюється, утримує чергові краплі металу від стікання вниз. Зварювання можна вести і згори униз. При цьому дугу слід запалювати при положенні електроду, перпендикулярному площині виробу (положення І, рис. г). Після утворення перших крапель металу електрод нахиляють вниз по л. ІІ і зварювання виконують короткою дугою. Рекомендується застосовувати електроди діаметром 4...5 мм при дещо зниженому зварювальному струмі (150...170 А).

*Горизонтальні шви* — для їх виконання готують кромки з однобічним скосом верхнього листа (рис. 2.6 д). Дугу запалюють на нижній кромці і потім переводять на поверхню скосу і назад. Зварювання виконують електродом діаметром 4...5 мм. Горизонтальні шви з напуском (рис. 2.6 е) виконуються легше, оскільки нижня кромка утворює полочку, що утримує краплі розплавленого металу.

Стельові шви найбільш важко здійсненні і тому вимагають високої кваліфікації зварника. Застосовують електроди діаметром не більше 5 мм при зменшеному зварювальному струмі. Слід використовувати електроди з тугоплавким покриттям, яке створює «чохоличик», в якому утримується розплавлений метал електроду. Дуга повинна бути якомога коротшою для полегшення переходу крапель металу електроду в кратер шва.

Вибір способу і порядку виконання зварних швів залежить головним чином від товщини металу і протяжності шва. При зварюванні тонколистової сталі необхідне суворе дотримання техніки виконання зварних швів. Особливу небезпеку несуть наскрізні пропали і проплавлення металу.

Сталь завтовшки 0,5 ... 1,0 мм слід зварювати з напуском з проплавленням через верхній лист або встик з укладанням між зварюваними кромками сталевієї смуги. У другому випадку розплавлення кромки повинне відбуватися при непрямій дії дуги. Зварювання проводять на знижених режимах.

Метал великої товщини зварюють в декілька проходів, заповнюючи оброблення кромки шарами. При товщині металу 15 ... 20 мм зварювання виконують секціями способом подвійного шару (рис. 2.7 а). Шов розбивають на ділянки завдовжки 250... 300 мм і кожна ділянка заварюють подвійним шаром. Другий шар накладають після видалення шлаку по неостигшому першому. При товщині металу 20 ... 25 мм і більш застосовують зварювання каскадом (рис. 2.7 б) або зварювання гіркою (рис. 2.7 в). Каскадний спосіб полягає в наступному. Весь шов розбивають на ділянки і зварювання ведуть безперервно. Закінчивши зварювання шару на першій ділянці, зварюють перший шар на другій ділянці і продовжують зварювання на першій ділянці, накладаючи другий шар по першому шару, що не остигнув, і т.д. Зварювання гіркою є різновидом зварювання каскадом, часто виконується двома

зварниками одночасно і ведеться від середини шва до країв. Такі способи зварювання забезпечують більш рівномірний розподіл температури і значне зниження зварювальних деформацій.



*а – зварювання способом подвійного шару; б – зварювання каскадом; в – зварювання гіркою*

### Рисунок 2.7 – Зварювання металу великої товщини

Способи виконання зварних швів по довжині залежать від їхньої протяжності. Умовно прийнято розрізнати: короткі шви завдовжки до 250 мм, середні шви завдовжки 250... 1000 мм і довгі шви протяжністю більше 1000 мм. Короткі шви виконують зварюванням на прохід (рис. а). Шви середньої довжини зварюють або від середини до країв (рис. б), або зворотньоступінчастим способом (рис. в). Зворотньоступінчастий спосіб полягає в тому, що весь шов розбивають на ділянки і кожну ділянку зварюють в напрямі, зворотньому загальному напрямку зварювання. Кінець кожної ділянки співпадає з початком попереднього. Довжина ділянки вибирається в межах 100...300 мм залежно від товщини металу і жорсткості зварюваної конструкції. Довгі шви зварюють також зворотньоступінчастим способом.

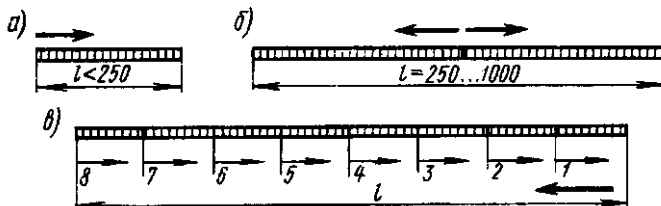


Рисунок 2.7 – Виконання зварних швів різної протяжності

При дуговому зварюванні на вазі стикових з'єднань з металу товщиною 0,5-3 мм можливе пропалювання наскрізь кромки з утворенням отворів, які важко піддаються виправленню. Разом з тим в зв'язку з обмеженою

можливістю регулювання тепла дуги, крім пропалів в таких швах утворюються непровари, шлакові включення та інші дефекти.

Для забезпечення необхідної якості зварювання тонколистової сталі застосовують:

- відборткування кромки;
- змінні тепловідвідні підкладки (масивні мідні або бронзові плити);
- залишкові сталеві підкладки, якщо це допускається проектом;
- електроди зі спеціальним покриттям;
- спеціальне зварювальне обладнання (випрямлячі або перетворювачі з підвищеною напругою холостого ходу).

–

### **Порядок виконання роботи**

1. Підібрати діаметр електроду.
2. Визначити значення величини сили струму зварювання.
3. Затиснути електрод в електродотримачі
4. Наплавити декілька швів на пластину.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

### ЕЛЕКТРОДУГОВЕ ЗВАРЮВАННЯ ПІД ШАРОМ ФЛЮСУ

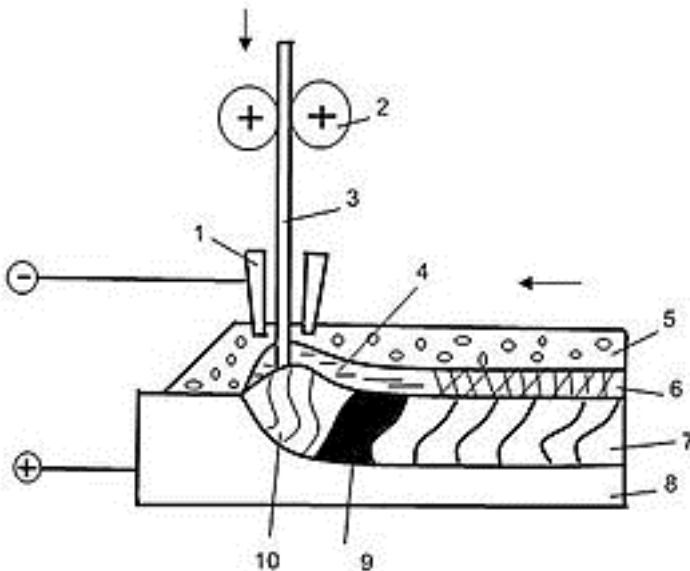
**Мета роботи:** Вивчити будову, принцип дії та електричну схему зварювального трактора ТС-17М, зварювальні матеріали і засвоїти методику розробки технологічного процесу автоматичного дугового зварювання під шаром флюсів зварювальним трактором ТС-17М.

**Обладнання та матеріали:** зварювальний трактор ТС-17М, джерело зварювального струму, зварювальний дріт, флюси, заготовки для зварювання.

#### Короткі теоретичні відомості

Автоматичне дугове зварювання під шаром флюсу – це спосіб з'єднання заготовок (листів, труб, деталей) за допомогою зварного шва, який утворюється шляхом розплавлення зварювального дроту та металу зварюваних заготовок.

При автоматичному дуговому зварюванні подача електродного дроту та керування дугою здійснюється автоматично. Дуга горить під шаром гранульованих флюсів, які розплавляючись, утворюють порожнину і захищають зону зварювання від впливу повітря (рис. 3.1).



1 – струмопровід; 2 – механізм переміщення дроту; 3 – дріт; 4 – рідкий шлак; 5 – флюс; 6 – шлакова кірка; 7 – зварний шов; 8 – основний метал заготовки; 9 – рідкий метал; 10 – електрична дуга.

### **Рисунок 3.1 – Схема автоматичного дугового зварювання під флюсом**

Це зварювання здійснюється струмом в 3...6 разів більшим, ніж ручне. Тому значно збільшується швидкість плавлення електродного дроту, а отже й продуктивність роботи.

Таке збільшення сили зварювального струму можливе тому, що струм підводиться поблизу від кінця електроду, який плавиться (60... 100 мм проти 350...450 мм при ручному зварюванні), тому дріт не нагрівається, не плавиться й не втрачає стійкості до входження в зону зварювання.

Завдяки великій силі зварювального струму та великій концентрації тепла на основному металі він глибоко проплавляється, тому доля основного металу в хімічному складі шва значно збільшується, а це покращує якість роботи.

#### **Джерела зварювального струму**

Для живлення зварювальної дуги струмом використовують потужні зварювальні трансформатори стаціонарного типу, подані у табл. 1.1.

Таблиця 3.1 – Зварювальні трансформатори стаціонарного типу

Тип трансформатора	Зварювальний струм, А		Напруга, В	
	номіналь- ний	межі регулювання	Номінальна робоча	Холостого хода
ТДФЖ-1002	1000	300... 1200	56	120
ТДФЖ - 2002	2000	600... 2200	76	120

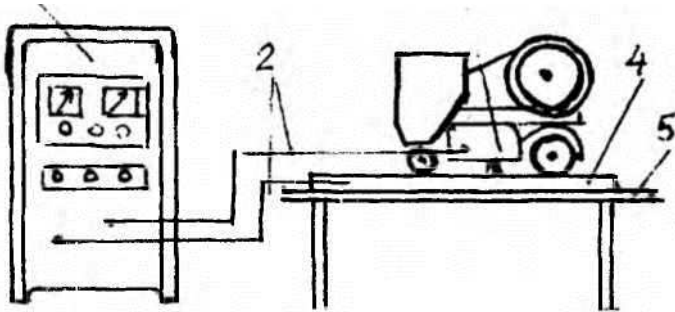
Крім трансформаторів, використовують генератори постійного струму та випрямлячі. Схему зварювального поста для автоматичного зварювання під шаром флюсів показано на рис. 3.2.

#### **Призначення та будова зварювального трактора ТС-17М**

При автоматичному зварюванні операції збудження та підтримання електричної дуги, безперервне подавання зварювального дроту а також переміщення електроду (дуги) вздовж шва,, здійснюється за допомогою зварювального автомата. Під час зварювання забезпечується незмінність режимів, що зумовлює високу якість шва. Зварник керує автоматом за допомогою пульта керування.

Існує три групи зварювальних автоматів: нерухомі, самохідні та зварювальні трактори. Всі вони мають такі механізми:

- пересування зварювального автомата уздовж шва;
- подачі зварювального дроту;
- подачі гранульованого флюсу.



1 – зварювальний трансформатор; 2 – кабелі для підведення електричного струму; 3 – зварювальний трактор, 4 – зварювана деталь; 5 – стіл зварника.

**Рисунок 3.2 – Схема зварювального поста для автоматичного зварювання під шаром флюсів**

Поширене, використання в промисловості знайшли зварювальні трактори моделі ТС-17М, які пересуваються безпосередньо за зварювальним виробом. Він складається з механізму подачі електродного дроту (тягнучі ролики) 3 (рис. 3.3), касети з електродним дротом 7, бункера для флюсу 5, мундштука для підведення зварювального струму від джерела струму до електродного дроту 2, пульта керування 6, механізму нахилу 4 і механізму пересування 9. Електродвигун трактора 8 приводить у рух механізм подачі зварювального дроту та механізм пересування автомата. Позицією 1 позначено зварювальну заготовку. Механізм подачі електродного дроту обладнано подаючими роликками, які забезпечують подачу електродного дроту в зону зварювальної дуги.

#### **Технічна характеристика зварювального трактора ТС— 17М**

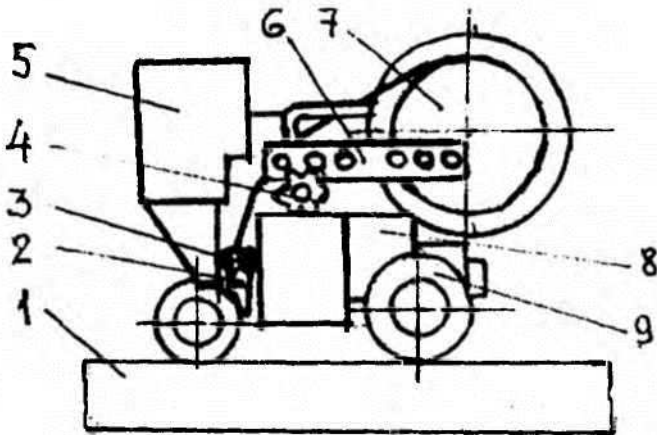
Межа регульованого струму, А	200... 1200
Діаметр зварювального дроту, мм	1,6... 5,0
Швидкість подачі зварювального дроту, мм/год.	75... 440
Швидкість зварювання, м/год.	16... 126
Вага трактора, кг	45

#### **Послідовність роботи на зварювальному тракторі ТС-17М**

Для зварювання деталей необхідно виконати такі операції:

1. Увімкнути вимикач електромережі.

2. Намотати зварювальний дріт на касету та встановити її на трактор, пропустити дріт через подавальні ролики та затиснути важіль притискного ролика.
3. Встановити трактор на зварювальну деталь.
4. Засипати флюс у бункер.
5. Перевірити роботу механізму подачі електродного дроту, для цього натиснути та відпустити на пульті керування кнопки «Вниз» і «Вгору»
6. Пересуваючи трактор вручну, попередньо відпустивши муфту зчеплення механізму пересування трактора, встановити кінець електродного дроту в місце початку зварювання.
7. Затиснути муфту зчеплення механізму пересування трактора.
8. Увімкнути джерело живлення
9. Натиснути на пульті керування кнопку «Вниз», з'єднавши електродний дріт зі зварювальними деталями.
10. Відкрити на бункері заслінку подачі флюсу.
11. Натиснути кнопку «Пуск» (початок зварювання),
12. Під час зварювання слідкувати за рівномірною безперервною подачею дроту та флюсу.
13. Для закінчення зварювання натиснути кнопку «Стоп 1» і, не відпускаючи її, натиснути кнопку «Стоп 2».
14. Закрити на бункері заслінку подачі флюсу.
15. Після закінчення зварювання відтиснути муфту зчеплення та вручну повернути трактор у вихідне положення.
16. Видалити щіткою нерозплавлений флюс з поверхні зварного з'єднання.
17. Після охолодження зварного шва видалити з його поверхні шлак. Здійснити візуальний контроль шва.



*1 – заготовка; 2 – електродний дріт; 3 – тягучі ролики; 4 – механізм нахилу; 5 – бункер для флюсу; 6 – пульт керування; 7 – касета з електродним дротом; 8 – електродвигун; 9 – механізм пересування.*

### **Рисунок 3.3– Схема будови зварювального трактора ТС-17М.**

#### **Зварювальні матеріали**

Як зварювальні матеріали для автоматичного дугового зварювання під шаром флюсів використовують електродний дріт і флюс. Вони забезпечують одержання металу зварного з'єднання з необхідними властивостями.

**Електродний дріт.** Для зварювання під шаром флюсів використовують зварювальний дріт (сталевий, алюмінієвий, мідний, а також зі сплавів алюмінію та міді) діаметром 1,2...5,0 мм. Наприклад, для зварювання сталевих деталей використовують вуглецеві (Св-08А, Св-08Г2С, Св-08ГС та ін.), леговані (Св-18ХГСА, Св-30ХГСА та ін.) і високолеговані (Св-08Х20Н10Г6Т) сталі. Кожна марка сталі використовується для зварювання сталі відповідної марки.

**Флюси.** Флюси призначені для ізоляції зварювальної ванни від атмосферного повітря, забезпечення стійкого горіння дуги, формування поверхні шва та одержання необхідного складу та властивостей наплавленого металу. Флюси класифікують за призначенням, хімічним складом і способом виготовлення.

За призначенням флюси класифікуються: для зварювання низьковуглецевих і низьколегованих сталей; для зварювання легованих і високолегованих сталей.

Перші з них призначені для розкислювання шва та легування його марганцем (Mn) та кремнієм (Si). Для цього використовують плавлені висококременисті флюси. Їх шлаки мають високий вміст  $\text{SiO}_2$  та  $\text{MnO}$ . Виготовляють такі флюси шляхом сплавлення марганцевої руди, кремнезему, плавикового шпату в електропечах.

Флюси для зварювання легованих і високолегованих сталей повинні забезпечувати мінімальне окислення елементів у шві. Для цього використовують плавлені та керамічні низькокременисті, безкременисті та фторидні флюси. Їхні шлаки мають високий вміст  $\text{CaO}$ ,  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . За способом виготовлення флюси поділяються на плавлені та неплавлені або керамічні. Плавлені флюси виготовляють із плавикового шпату, алюмосилікатів, алюмініатів шляхом сплавлення шихти в електропечах з подальшою грануляцією. До складу цих флюсів входять тільки шлакоутворюючі компоненти ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CaF}_2$  та ін.). Неплавлені, або керамічні, флюси виготовляють з порошкоподібних компонентів замість їх на рідкому склі з наступною грануляцією при спіканні. Основу керамічних флюсів складає мармур, плавиковий шпат та хлориди лужноземельних металів.

У флюси також входять сильні розкислювачі та феросіліцій (FeSi), феротитан (FeTi), фероалюміній та легуючі елементи. Шлаки керамічних флюсів мають основний або пасивний характер та забезпечують одержання в металі шва необхідний вміст легуючих елементів. Найбільше використовують плавлені флюси АН-348А, ОСЦ-45, ФС-10 для зварювання всіх типів з'єднань. Хімічний склад деяких плавлених флюсів подано в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Хімічний склад плавлених флюсів

Марка флюсу	SiO <sub>2</sub> , %	MnO, %	CaF <sub>2</sub> , %	MgO, %	CaO, %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	S, %	P, %
ОСЦ-45	38... 44	38... 47	6... 9	до 2,5	до 6,5	до 5	-	до 2	до 0,15	до 0,15
АН-348А	41... 44	34... 38	4... 5,5	5,5... 7,5	до 6,5	до 4,5	0,1... 0,3	до 2	до 0,15	до 0,15
ФС-10	44... 47	-	2... 3	28... 30	до 3,0	19... 21	-	до 1,5	до 0,10	до 0,10

### Розробка технологічного процесу автоматичного зварювання під шаром флюсів

При розробці технології зварювання вибирають: тип зварювального автомата; марку та діаметр зварювального дроту; величину зварювального струму; марку флюсу; тип зварного шва та форму розчищення кромок; напругу дуги; швидкість зварювання; джерело зварювального струму.

Тип зварювального автомата (нерухомий чи рухомий) вибирають в залежності від конструкції та розмірів зварних з'єднань. Зварювальний трактор як правило використовують для зварювання плоских виробів, листів, балок та ін. Його можна також використовувати як нерухомий зварювальний автомат для виготовлення круглих швів, наприклад – у баках, цистернах.

Марку електродного дроту вибирають в залежності від властивостей матеріалу зварювальних деталей. При цьому використовують такі міркування: чим менше вуглецю в сталі, тим краще вона зварюється; механічні властивості металу шва повинні відповідати механічним властивостям зварюваних деталей.

Найбільше поширення здобули електродні дроти: вуглецеві (Св-08, Св-08ГС, Св-08Г2С та ін.), низьколеговані (Св-18ХГСА, Св-25ХМА та ін.), високолеговані (Св-08Х20Н10Г8Т, Св-08Х10Н15Т та ін.).

Діаметр електродного дроту вибирають в залежності від товщини

зварюваного металу з урахуванням забезпечення високої продуктивності та недопустимості пропалювання металу під час зварювання (табл. 3.3).

Величину зварювального струму вибирають в залежності від діаметра електродного дроту. Також на автоматі виставляють потрібну швидкість подачі електродного дроту за табл. 3.4.

Таблиця 3.3 – Діаметр електродного дроту

Товщина металу, мм	1...10	більше 10
Діаметр дроту $d_e$ , мм	2...3	2...6

Таблиця 3.4 – Величина зварювального струму та швидкість подачі дроту

$d_e$ , мм	1	2	3	4	5	6
Зварювальний струм, А	120... 170	190... 250	250... 600	350... 800	500... 1000	600... 1300
Швидкість подачі дроту м/год.	100... 150	150... 300	100... 150	65... 140	60... 100	50... 90

Марку флюсу вибирають в залежності від матеріалу зварюваних деталей. Для зварювання вуглецевих та низьковуглецевих сталей використовують такі марки флюсів: АН-348, АН-348А, АН-10 та ін., а для легуваних та високолегуваних – АН-20, АН-22 та ін. При цьому використовують також і легуваний зварювальний дріт.

Типи зварних швів залежать від конструкції зварного виробу.

Зварні шви виготовляють як з розробкою, так і без розробки кромки деталей. При товщині деталей до 15 мм можливе автоматичне зварювання без розробки кромки. При товщині деталей більше 15 мм використовують одно- та двобічну розробку кромки.

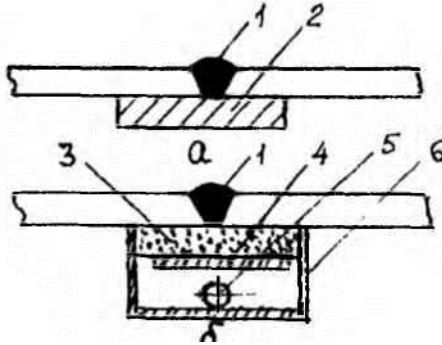
Якщо зварюються деталі товщиною до 2 мм для запобігання пропалювання та протікання металу через проміжок між зварюваними деталями використовують підкладки (сталеві та мідні пластини), або флюсові подушки (рис. 3.4). Зварювання ведуть вертикальним або нахиленим електродом.

Напругу дуги вибирають в залежності від марки флюсу (його стабілізуючих властивостей) та від марки електродного дроту (в межах 25...45 В).

Швидкість зварювання вибирають в залежності від діаметра електродного дроту  $d_e$ , сили струму  $I_{зв}$ , товщини деталі й марки флюсу. При цьому повинне бути забезпечене задовільне формування зварного шва. Щоб обрати швидкість зварювання  $V_{зв}$  необхідно орієнтуватись на залежності, подані у таблиці 3.5.

**Виліт електродного дроту** може бути в інтервалі 30..60 мм і залежить від діаметра електродного дроту та сили струму.

**Щільність струму** при автоматичному зварюванні використовують досить велику ( $j > 40...50 \text{ А/мм}^2$ ), щоб забезпечити глибоке проплавлення.



а – схема зварювання на підкладці; б – схема зварювання на флюсовій подушці.

1 — зварний шов; 2 – підкладка; 3 – флюс; 4 – пластина; 5 – повітряний шланг; 6 – коробка.

**Рис. 3.4 – Схеми зварювання тонкостінних деталей**

Таблиця 3.5 – Залежність швидкості зварювання від діаметра електроду

$d_e$ , мм	1...2	3...4	5...6
$V_{зв}$ , м/год.	30...60	50...60	70...150

### Порядок виконання роботи

1. Вивчити будову та принцип дії зварювального трактора.
2. Вивчити зварювальні матеріали, необхідні для автоматичною зварювання під шаром флюсів.
3. Для заданого зразка розробити технологічний процес, автоматичного дугового зварювання під шаром флюсів/
5. Зварити зразки на підібраних режимах.
6. Зробити висновки з проведеної роботи.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

### НАПІВАВТОМАТИЧНЕ ЗВАРЮВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ ЗАХИСНИХ ГАЗІВ

**Мета роботи:** Ознайомитись з суттю процесу зварювання в захисних газах, будовою і роботою зварювального напівавтомата, вибором режиму і технологією дугового зварювання сталі у середовищі захисних газів.

**Обладнання та матеріали:** зварювальний напівавтомат ПДГ-305, балон з вуглекислим газом (CO<sub>2</sub>), пульт керування, редуктор, подавальний механізм, зварювальний електродний дріт, заготовки для зварювання.

#### Короткі теоретичні відомості

Сутність напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів полягає в тому, що зварювальний дріт подається в дугу механізовано, а переміщення дуги для утворення шва здійснюється зварником вручну.

Для захисту розплавленого металу від шкідливої дії кисню та азоту повітря в зону дуги, яка горить між зварюваним виробом і електродом, крізь сопло пальника безперервно подається струмінь захисного газу, що витискає повітря від місця зварювання.

Як захисні використовують інертні гази – аргон, гелій, які не взаємодіють з розплавленим металом, і активні – вуглекислий газ, водень, азот, які частково взаємодіють з розплавленим металом.

Іноді використовують суміші двох газів. У нашій країні найбільш поширено використання аргону та вуглекислого газу.

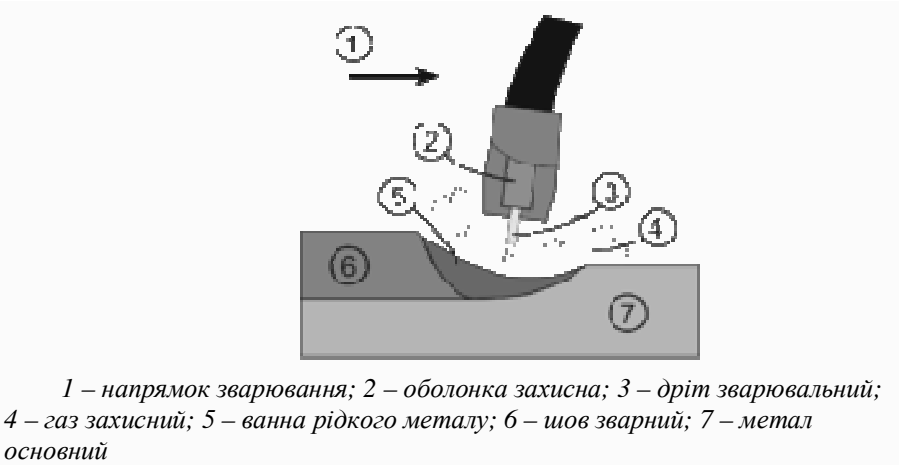
Аргоно-дугове зварювання можна виконувати неплавким або плавким електродом. Зварювання неплавким електродом ведуть на постійному струмі прямої полярності. Тоді дуга легко запалюється та підтримується стійке горіння при напрузі 10...15 в.

Неплавкі електроди призначені лише для збудження та підтримання горіння дуги; для заповнення зварного шва, подається присадний метал у вигляді прутків або дроту. За хімічним складом вони близькі до основного металу.

Зварюють неплавким електродом на постійному струмі неіржавіючі та жароміцні сталі, нікель та його сплави, мідь та її сплави товщиною 0,1...6 мм. Змінним струмом зварюють алюміній, магній та їхні сплави. У випадку, коли катодом є виріб, його поверхня бомбардується позитивними іонами аргону і відбувається катодне розпилення оксидних плівок алюмінію або магнію. Тому відпадає потреба у застосуванні флюсів для їх видалення.

Зварювання в аргоні плавкими електродами виконують за схемою, показаною на рис. 4.1. При цьому висока якість зварного шва забезпечується

при високій щільності струму (100 А/мм<sup>2</sup> і більше). При невисокій щільності струму відбувається крупнокрапельне перенесення розплавленого металу з електрода у зварну ванну, що приводить до утворення пористості шва та розбризкування металу.



**Рисунок 4.1 – Зварювання в аргоні плавкими електродами**

Під час зварювання на високій густині струму відбувається дрібнокрапельне або струминне перенесення металу, що забезпечує глибоке проплавлення, утворення щільного шва з високою чистотою поверхні та незначним розбризкуванням металу.

Щоб забезпечити велику густину струму, при зварюванні плавним електродом використовують дріт малого діаметра (0,6...3 мм) та велику швидкість його подачі. Такий режим зварювання можна забезпечити тільки механізованою подачею дроту в зону зварювання, що гарантує підвищену швидкість розплавлення дроту і продуктивність процесу зварювання. Для цього виду зварювання використовують аргон, який добувають з повітря, де його за об'ємом міститься близько 1%.

Транспортують і зберігають аргон у балонах місткістю 40 л, в стисненому газоподібному стані під тиском 15 МПа.

Зварювання у вуглекислому газі виконують тільки плавним електродом на підвищеній густині електричного струму зворотної полярності. Такий режим забезпечує крапельне перенесення електродного металу та формування якісного шва. При використанні CO<sub>2</sub> в якості захисного газу необхідно враховувати деякі металургійні особливості процесу зварювання, які пов'язані з окислювальною дією CO<sub>2</sub>. При високих температурах зварювальної дуги CO<sub>2</sub> дисоціює на оксид вуглецю CO та

кисень О, який, якщо не вжити певних заходів, призведе до окислення зварного металу та легуючих елементів.

Окислювальна дія кисню нейтралізується введенням в дріт додатково розкислювачів марганцю та кремнію. Тому для зварювання в  $\text{CO}_2$  вуглецевих і низьколегованих сталей використовують зварювальний дріт із підвищеним вмістом цих елементів (Св-08ГС, Св-10Г2С та ін.) На поверхні шва утворюється тонка шлакова кірка із оксидів розкислювачів, Іноді використовують суміш  $\text{CO}_2 + 10\% \text{O}_2$ .

Вуглекислий газ для потреб зварювання добувають з відхідних газів хімічних виробництв. Поставляють його у зрідженому стані в сталевих балонах місткістю 40 л, в яких під тиском 7,5 МПа міститься 25 л рідкої вуглекислоти. При її випаровуванні утворюється 12750 л газоподібного продукту.

Застосування порошкового дроту, що складається з металевої оболонки, заповненої порошкоподібними речовинами, сприяє підвищенню ефективності металургійної обробки зварювальної ванни і поліпшенню якості формування шва.

Зварювання самозахисними дротами порошковими і суцільного перетину виконується без захисту  $\text{CO}_2$  і застосовується в монтажних умовах.

Зварювання у вуглекислому газі забезпечує:

- високу концентрацію тепла дуги і більшу, ніж при ручному дуговому зварюванні, проплавлення здатність. Це обумовлює менше розігрівання кромки, велику швидкість зварювання і вищу економічність і продуктивність процесу;

- високу стабільність процесу в широкому діапазоні струмів;

- стійкість проти утворення пір і тріщин, обумовлену окислювальною атмосферою в зоні зварювання;

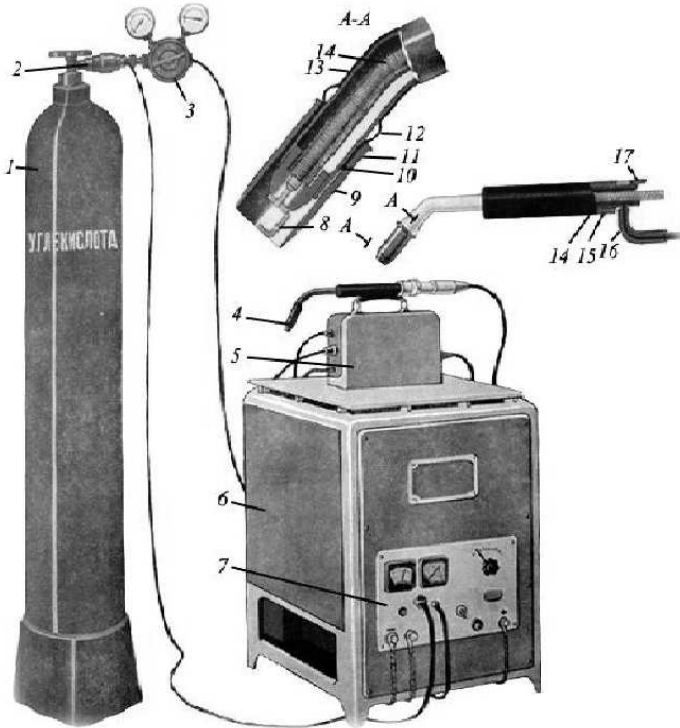
- можливість спостереження за зварювальною ванною і формуванням металу шва.

### **Будова і робота зварювального напівавтомата**

Загальний вид зварювального напівавтомата показаний на рис. 4.2. Технічні дані напівавтоматів для зварювання у вуглекислому газі наведені в табл. 4.1.

Напівавтомат складається з пальника 4, механізму подачі електродного дроту 5, переносного пульта керування, зварювального випрямляча 6 з вбудованим блоком керування 7, газового редуктора 3 з витратоміром, підігрівача газу 2, сполучних шлангів і проводів. У напівавтоматі подача електродного дроту і захисного газу в зону дуги автоматизовані. Переміщення зварювального пальника уздовж кромки зварюваних заготовок з необхідною швидкістю здійснюється вручну.

Пальник для дугового зварювання служить для направлення в зону дуги електродного дроту і захисного газу і підведення до електродного дроту зварювального струму. Зварювальний пальник комплектується змінними соплами для підведення і направлення газу.



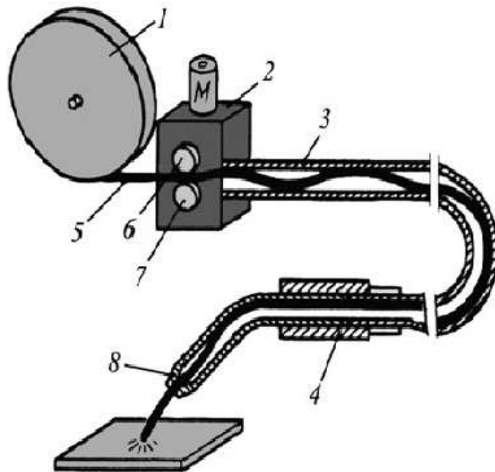
1 — балон з вуглекислою; 2 — підігрівач газу; 3 — редуктор; 4 — зварювальний пальник; 5 — подавальний механізм; 6 — зварювальний випрямляч; 7 — щиток керування; 8 — змінний контактний наконечник; 9 — газове сопло; 10 — отвір для виходу газу в сопло; 11 — зовнішня мідна трубка; 12 — гумова трубка; 13 — внутрішня мідна трубка; 14 — сталева спіраль; 15 — рукоятка; 16 — ніпель; 17 — контакт, що підводить струм.

**Рисунок 4.2 – Напівавтомат для зварювання в захисному газі**

Пальник для дугового зварювання служить для направлення в зону дуги електродного дроту і захисного газу і підведення до електродного дроту зварювального струму. Зварювальний пальник комплектується змінними соплами для підведення і направлення газу.

Автоматична подача дроту з котушки здійснюється подавальним механізмом, який складається з: електродвигуна змінного або постійного

струму (рис. 4.3); коробки швидкостей 6 ведучого та притискного роликів. Дріт подається роликами з постійно заданою швидкістю через внутрішній канал гнучкого шланга 3, тримач 4 та наконечник 8. Зварник має тримати пальник та вручну пересувати його за напрямком шва. Однією з основних частин напівавтомата є шланг 3, який складається з дротової спіралі з обплетенням і гумовою оболонкою у внутрішньому каналі, де проходить електродний дріт 5. Зварювальний струм, захисний газ та охолоджувальну воду підводять окремо. У комбінованих шлангах (крім електродного дроту) в одній оболонці змонтовані: струмопровідне проведення; проведення ланцюга керування; газ; охолоджуюча вода. Комбінований гнучкий шланг має велику масу, зварнику важко керувати ним. Сучасні напівавтомати забезпечуються автономними шлангами. Довжина шланга має бути не більша за 3,5 м. На пальнику є кнопка вмикання подавального механізму.



*1 — котушка; 2 — механізм для подавання дроту; М — електродвигун; 3 — шланг; 4 — тримач; 5 — електродний дріт; 6 — коробка швидкостей ведучого та притискного ролика; 7 — притискний ролик; 8 — наконечник.*

**Рисунок 4.3 – Схема напівавтомата штовхального типу**

Механізм подачі забезпечує безперервну подачу в зону дуги електродного дроту з необхідною швидкістю по мірі її розплавлення. На механізмі подачі розміщені касета 1 з електродним дротом і знімний пульт керування.

Випрямляч забезпечує перетворення трифазного змінного струму в постійний струм з жорсткою зовнішньою характеристикою і регулювання зварювальної напруги в необхідних межах.

Блок управління призначений для регулювання і стабілізації швидкості

подачі електродного дроту, регулювання величини зварювального струму і напруги. Газовий редуктор з витратоміром дає можливість регулювати і підтримувати постійним тиск і витрату вуглекислого газу. Підігрівач забезпечує підігрів і поліпшення випаровування вуглекислоти і запобігає замерзанню каналу проходу газу при перепаді тиску.

Таблиця 4.1 – Напівавтомати для зварювання у вуглекислому газі

Технічні характеристики	Марки напівавтоматів					
	ПДГ-305	ЦДГ-502	ПДГ-601	A-765 (без CO <sub>2</sub> )	Magrol-400	ВДУ-506УЗ
Напруга живлячої мережі, В	380	380, 220	380	380	380	380, 220
Номинальний зварювальний струм, А	315	500	630	500	315	500
Межа регулювання зварювального струму, А	50-315	100-500	100-700		50-315	50-500
Номинальний режим роботи ІР, %	60	60	60		60; 100	60
Діаметр електродного дроту, мм	0,8-1,4	1,2-2,0	1,2-2,5	1,6-2,0 пор. 1,6-3,0	0,8-1,6	
Швидкість подачі дроту, м/ч	180-720	180-720	109,8-1094	58-582	93,6-1260	
Тип випрямляча	ВДГ-302 УЗ	ВДУ-500-1	ВДГ-601	ВС-600	EP1	

### Вибір режиму дугового зварювання у вуглекислому газі

У режим дугового зварювання у вуглекислому газі входять: сила зварювального струму, полярність і напруга дуги, марка, діаметр і швидкість

подачі електродного дроту, склад і витрата  $\text{CO}_2$ , виліт і нахил електроду.

Режим зварювання вибирається залежно від товщини і марки зварюваного металу, типу з'єднання, положення зварного шва в просторі.

Сила струму і полярність дуги визначають швидкість розплавлення електродного дроту, глибину проплавлення зварюваного металу. Сила зварювального струму встановлюється залежно від вибраного діаметру електродного дроту. Із збільшенням зварювального струму збільшується глибина проплавлення і підвищується продуктивність процесу зварювання.

При дуговому зварюванні у вуглекислому газі на постійному струмі зворотної полярності збільшується нагрів електроду, зменшується глибина проплавлення основного металу, збільшується частка електродного металу в зварному шві. При прямій полярності швидкість розплавлення металу заготовок в 1,4-1,6 разу вище, ніж при ручному зварюванні покритими електродами, але дуга горить менш стабільно і інтенсивніше розбризкується електродний метал. Напруга дуги є основним параметром режиму зварювання, і її величина автоматично встановлюється залежно від вибраної величини зварювального струму при заданій довжині дуги. Із збільшенням напруги дуги збільшується ширина шва і зменшується глибина проплавлення основного металу.

Марка і діаметр електродного дроту вибирається залежно від зварюваного металу, конструктивних і технологічних особливостей зварної конструкції. Для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей застосовуються електродні дроти марки СВ-8Г2С, СВ-08ГС, СВ-07ГС діаметром 0,8-1,4 мм. Вони забезпечують значно більшу продуктивність, ніж при ручному дуговому зварюванні покритими електродами, але розбризкування електродного металу складає 5-6 %. Для зварювання теплостійких сталей застосовуються електродні проволони марок СВ-08ХГСМФ, СВ-08ХГСМА. Для зварювання відповідальних конструкцій з вуглецевих і низьколегованих сталей застосовуються порошкові проволони марок ПП-АН4, ПП-АН8, ПП-АН9, ПП-АН10, ПП-АН13, ПП-АН18; ПП-АН20, чавунний дріт ПП-АН54.

Самозахисні порошкові дроти загального призначення ПП-АН1, ПП-АН3, ПП-АН7, СП-1, СП-2 застосовуються для зварювання без захисту конструкцій з вуглецевих і низьколегованих сталей. Самозахисні леговані дроти суцільного перетину СВ-15ГСТЮЦА і СВ-20ГСТЮА застосовуються для зварювання без захисту вуглецевих і марганцевистих сталей і для зварювання арматури періодичного профілю.

Швидкість подачі електродного дроту вибирається з таким розрахунком, щоб забезпечити стійке горіння дуги. Швидкість напівавтоматичного зварювання встановлюється зварником залежно від товщини зварюваного металу, площі поперечного перетину шва. Витрата вуглекислого газу вибирається залежно від положення шва в просторі, руху

навколишнього повітря і складає 5-20 дм<sup>3</sup>/хв.

Виліт електроду – довжина електроду між його кінцем і виходом з мундштука. Вона має значний вплив на стійкість процесу зварювання і якість зварного шва. Із збільшенням вильоту погіршується стійкість горіння дуги і формування шва, а також збільшується розбризкування. При зварюванні з дуже малим вильотом важко спостерігати за процесом зварювання і часто підгорає контактний мундштук, який підводить струм.

Орієнтовний режим напівавтоматичного зварювання у вуглекислому газі стикових швів без оброблення кромок у нижньому положенні дротом СВ-08Г2С наведений в табл. 4.2

Таблиця 4.2 – Орієнтовний режим напівавтоматичної дугового зварювання у вуглекислому газі стикових швів без оброблення кромок в нижньому положенні дротом СВ-08Г2С

Товщина матеріалу, що зварюється, мм	Ескиз з'єднання	Діаметр електроду, мм	Режим зварювання						
			Сила струму, А	Напруга дуги, В	Швидкість зварювання, м/год:	Виліт електроду, мм	Витрата газу дм <sup>3</sup> /хв	Число ходів	
1	C <sub>2</sub>	0,8	60-70	17	25-40	7-12	6-7	1	
1,5		0,8	85-100	18-19	30-40	7-21	6-7	1	
		1,0	100-110	18-19	30-40	8-15	6-7	1	
		1,2	120-160	19-20	35-45	9-13	6-7	1	
2,0		0,8	110-140	19-21	20-30	7-12	6-7	1	
		1,0	130-150	20-21	30-35	8-13	6-8	1	
		1,2	160-180	21	35-40	9-15	6-8	1	
3-4		C <sub>7</sub>	1,0	140-160	20-21	20-30	8-13	7-9	1
			1,2	150-170	20-21	25-35	9-15	7-9	2
	1,2		190-230	21	30-40	9-15	7-10	2	
5-8	C <sub>7</sub>	1,6	180-220	23-26	20-35	15-20	12-15	2	
		2,0	200-240	24-28	25-35	15-20	12-15	2	
		2,0	260-280	28-30	25-30	15-25	15-17	2	
10		2,0	280-300	28-30	25-30	20-25	15-17	2	
12		2,0	380-400	30-32	20-30	20-25	15-17	2	
14		2,0	480-500	33-40	15-25	15-25	12-16	2	

Для отримання якісного зварного шва необхідна підтримка постійного вильоту електроду, стабільної довжини дуги, рівномірне переміщення пальника уздовж кромки заготовки із заданою швидкістю зварювання і, при необхідності, коливальні поперечні рухи електроду.

Зварювання стикових і напускних з'єднань в нижньому положенні при товщині  $S = 0,8-1,2$  мм виконується при установці заготовки на підкладці або на вазі при рівномірному поступальному переміщенні електроду. Метал товщиною  $S < 3$  мм в нижньому положенні зварюють без поперечних коливань електроду, а при  $S > 3$  мм застосовують поперечні коливання електроду.

Зварювання вертикальних швів з  $S < 6$  мм виконують зверху вниз з нахилом електроду кутом назад, направляючи дугу на передню частину зварювальної ванни, що забезпечує хороше проплавлення кромки і виключає пропалювання.

При товщині металу  $S > 6$  мм вертикальні шви виконують при русі електроду знизу вгору з поперечними коливаннями.

Стельові шви зварюють електродом діаметром 0,5-1,4 мм "кутом назад" при мінімальних значеннях струму і напруги і напрямку дуги на ванну рідкого металу.

Напівавтоматичне зварювання порошковим дротом виконується короткою дугою, оскільки при збільшенні довжини дуги посилюється розбрикування рідкого металу, погіршується його захист від кисню і азоту повітря, посилюється вигорання елементів, що містяться в дроті, що приводить до утворення пор у наплавленому металі. Деякі параметри режимів зварювання порошковим дротом в середовищі  $CO_2$  наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Параметри режиму зварювання порошковими дротами загального призначення

Марка дроту	Діаметр, мм	Положення зварювання	Режим зварювання			
			Зварювальний струм, А	Напруга, В	Виліт, мм	Витрата газу, л/хв
ІНІ-АН8	2,2	Нижнє	150-200	20-25	25-30	6-8
			250-300	24-28	25-30	12-14
	2,5	Нижнє	150-200	20-24	20-25	8-10
			350-400	26-30	25-30	14-16
3,0	Нижнє	250-300	22-25	25-30	12-14	
ПП-АН21	1,4	Вертикальне	100-150	18-21	15-20	4-6
		Горизонтальне	250-300	24-27	25-30	10-12
	1,8	Горизонтальне	200-250	22-25	25-25	8-10
			300-350	26-29	25-30	12-14

### **Порядок виконання роботи**

1. Ознайомитися з процесом дугового зварювання у вуглекислому газі.
2. Вивчити будову і роботу зварювального напівавтомата (ПДГ-305).
3. Вибрати режим зварювання сталі, виконати зварювання і заповнити таблицю результатів.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

### ВИВЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ГАЗОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ

**Мета роботи:** Ознайомитися з процесом газового зварювання, будовою та роботою обладнання, вибором режимів та технології газового зварювання вуглецевих сталей.

**Обладнання та матеріали:** універсальний ацетиленовий пальник Г2-04, балони з ацетиленом та киснем, редуктор з манометром, сталевий зварювальний дріт Св-08Г2С ГОСТ 2237-80, заготовка з сталі Ст. 3.

#### Короткі теоретичні відомості

##### Сутність процесу газового зварювання

Газове зварювання — зварювання плавленням, при якому кромки частин, що з'єднуються, нагріваються полум'ям газів, які горять в середовищі кисню. В залежності від газів, що використовуються, температура полум'я змінюється в межах 2100...3200°C. Зварювальне полум'я створює чималу газову зону та забезпечує введення теплоти в метал. Особливістю газового зварювання є те, що кількість введеної в метал теплоти можливо регулювати. Це пояснюється тим, що теплова потужність газового полум'я буде визначатися кількістю спалюваного горючого газу, витрату якого можна регулювати в широкіх межах.

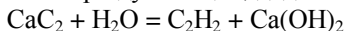
При газополуменевій обробці металів для створення полум'я використовують суміші різних горючих газів (вуглеводнів) та кисню (рідше повітря).

Кисень не горить, але підтримує горіння, енергійно вступає в хімічне з'єднання майже з усіма речовинами. При контакті з маслами, жирами стиснений кисень викликає їх швидке загорання.

Просочені рідким киснем пористі речовини вибухають при наявності джерела теплоти. Згідно з ГОСТ 5583-88 кисень газоподібний технічний випускається трьох сортів з чистотою відповідно 99,7; 99,5; 99,2%.

У якості горючих газів використовують ацетилен та інші вуглеводні.

Ацетилен (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) є хімічним з'єднанням вуглецю та водню. Отримують ацетилен з карбїду кальцію, додаючи воду, за реакцією



Реакція супроводжується активним тепловиділенням.

Ацетилен – вискоекзотермічне з'єднання. При розкладі 1 кг ацетилену виділяється більш 2000 ккал (8400 кДж) теплоти, це приблизно у 2

рази більше, ніж при вибуху 1 кг тротилу.

Ацетилен має властивість самоzapалювання. Температура самоzapалювання коливається в межах 500...600 °C (773...873 K) при тиску 2 кгс/см<sup>2</sup> (0,2 МПа) та відчутно знижується із збільшенням тиску. Ацетилен з міддю та сріблом створює з'єднання, які при нагріванні до 110...120 °C та сильному ударі вибухають. Тиск, який виникає при вибуху ацетилену, може підвищуватися у 10-12 разів у порівнянні з початковим, а при детонації чистого ацетилену – збільшується у 22 рази. При вибуху у суміші з киснем тиск збільшується у 50 разів. При газополуменевій обробці металу ацетилен використовують або у газоподібному стані або у розчиненому вигляді. Розчинений ацетилен являє собою розчин ацетилену в ацетоні, розподілений рівномірно у пористому наповнювачі під тиском. Пористий наповнювач (маса) забезпечує розосередження ацетилену по об'єму та локалізацію вибухового розпаду.

Крім ацетилену при газополуменевій обробці використовують інші горючі речовини, до них відносяться стиснені та скраплені гази, а також рідкі речовини.

Скрапленими або стисненими газами називають такі, які при звичайних умовах зберігання та транспортування не переходять у рідкий стан. Основним представником цієї групи є природний газ. Він складається, в основному, з метану (CH<sub>4</sub>), зміст якого складає 85-89%. Цей газ легкий, без кольору, не має запаху, не отруйний, не є задушливим. При неповному згоранні природного газу виділяється дуже отруйний угарний газ.

Скраплені гази являють собою вуглеводні, які заходяться при температурі 20 °C (293K) та тиску 760 мм.рт.ст. (0,1 МПа) у газоподібному стані, а при невеликому збільшенні тиску або зниженню температури – переходять у рідкий стан.

Основними представниками скраплених газів є бутан, суміш якого з пропаном називають технічним пропаном.

До рідких горючих речовин відносяться бензин та керосин, які використовуються у вигляді пари.

Економічна доцільність використання того чи іншого виду газу при будь-якому процесі газополуменевої обробки металів оцінюється здатністю даного газу забезпечити таке теплове нагрівання металу, яке забезпечує ацетилен. Ця здатність характеризується коефіцієнтом заміни – відношенням об'єму горючого газу до об'єму ацетилену при рівності теплового ефекту.

Деякі характеристики горючих газів наведені в табл. 5.1.

У всіх процесах газополуменевої обробки повинно брати участь газове полум'я, яке виникає в результаті взаємодії горючої суміші газу з киснем або повітрям.

Виникнення процесу горіння можливе тільки в тому разі, коли деяка кількість горючої суміші нагріта до певної температури, при якій у данних

умовах вона загоряється. Загорання горючого газу можливе при наступних умовах:

- горюча суміш повинна бути нагріта до деякої температури;
- об’ємний вміст горючого газу повинен знаходитись у відповідних межах, які називаються межами загорання, або межами вибуховості даної горючої суміші.

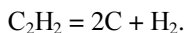
Таблиця 5.1 – Характеристики горючих газів та речовин

Гази та пара	ГОСТ	Щільність, кг/м <sup>3</sup>	Найменша теплотворна здатність		Температура полум’я, °С	Коефіцієнт заміни
			МДж/м <sup>3</sup>	ккал/м <sup>3</sup>		
Газ:						
ацетилен	5457-85	1,09	52,6	12600	3150	-
водень	3022-80	0,084	10,0	2400	3200	5
природний	5542-80	0,7...0,9	34,4...34,7	8200...8500	2200	1,4...1,6
пропан	20448-85	1,95	89	21200	2400	0,6
Пара:						
бензину	1012-82	0,7...0,76	42...44,5	10000...10600	2500...2600	1,4
керосину	18499-83	0,8...0,84	42...42,8	10000...10200	2400...2500	1,0...1,3

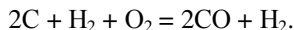
Після того, як в результаті нагрівання та загорання частини суміші почалося горіння, подальше нагрівання зовнішнім джерелом тепла стає непотрібним, оскільки при горінні виділяється теплота у кількості, яка достатня для подальшого горіння суміші. Стійке горіння можливе тільки у тому випадку, коли теплота виділяється у такій кількості, якої достатньо не тільки для нагрівання об’ємів, сусідніх з тими, що горять, але й для компенсації тепловідводу з зони горіння у оточуюче середовище.

Реакція горіння супроводжується виникненням полум’я. Виникнення полум’я залежить від можливості горючої речовини утворювати газо- і пароподібні продукти згорання, які догоряючи утворюють полум’я.

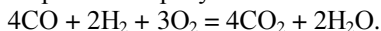
Процес горіння ацетилену у кисні можна умовно розділити на дві стадії: спочатку під впливом нагрівання відбувається розпад ацетилену на елементи



Далі виникає стадія згорання ацетилену за рахунок кисню суміші за реакцією



Друга стадія горіння протікає за рахунок кисню повітря



В залежності від співвідношення між киснем та етиленом отримують три основні види зварювального полум’я: нормальне, окислювальне та науглецьовувальне. Нормальне полум’я виникає тоді, коли на один об’єм

кисню подається один об'єм етилену. Практично кисню подається трохи більше – від 1,1 до 1,3 об'єму ацетилену. Нормальне полум'я характеризується відсутністю вільного кисню та вуглецю у його відновлювальній зоні. В нормальному полум'ї яскраво виражені три зони: ядро, середня зона, факел.

Окислювальне полум'я виникає при надлишку кисню (на один об'єм ацетилену подається більше 1,3 об'єму кисню). При цьому ядро набуває конусоподібну форму, скорочується по довжині та має менш різкі контури. Полум'я горить з шумом, рівень якого залежить від тиску кисню.

Навуглецьовувальне полум'я виникає при надлишку ацетилену, на один об'єм ацетилену подається 0,95 і менше об'єму кисню. Ядро такого полум'я втрачає різкість свого контуру, а факел починає коптити, що свідчить про неповне згорання ацетилену (з'являється вільний вуглець). Надлишковий вуглець легко поглинається розплавленим металом та зменшує його якість.

При газовому зварюванні теплова потужність полум'я йде на плавлення металу (основного та присадного), а також розсіюється у навколишнє середовище.

Та кількість теплоти, яка вводиться зварювальним полум'ям в метал за одиницю часу, називається ефективною тепловою потужністю. Відношення ефективної теплової потужності зварювального полум'я  $Q_{\text{еф}}$  до його повної потужності  $Q_{\text{п}}$  називається ефективним ККД:

$$\eta_{\text{еф}} = \frac{Q_{\text{еф}}}{Q_{\text{п}}}$$

Підвищити ефективну теплову потужність можна збільшенням кількості кисню в горючій суміші або розділенням потоку горючої суміші на кілька потоків.

Разом з тепловим впливом зварювального полум'я на метал виникає взаємодія полум'я з розплавленим металом (проходять металургійні процеси). При цьому гази полум'я вступають у взаємодію з розплавом, викликаючи його окислення, навуглецьовування і т. ін. Всі ці явища знижують якість шва. Найбільш активно протікають процеси окислення, тому при газовому зварюванні для більшості металів є важливим усунення або запобігання процесу окислення.

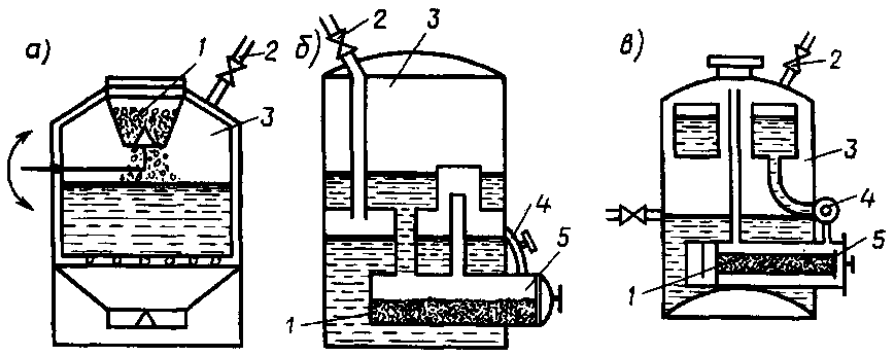
### **Будова та принцип роботи газозварювального обладнання**

Для виконання робіт по газовому зварюванню зварювальні пости повинні мати наступне устаткування і інвентар: ацетиленовий генератор або балон з горючим газом; кисневий балон; редуктори (кисневий і для горючого газу); зварювальний пальник з набором змінних наконечників; шланги для подачі горючого газу і кисню в пальник; зварювальний стіл; пристрої, необхідні для складання виробів під зварювання; комплект інструментів;

окуляри із захисним склом; спецодяг для зварника.

Ацетиленовий генератор призначений для отримання ацетилену при взаємодії карбіду кальцію з водою. Ацетиленові генератори (ГОСТ 5190—78) розрізняються за такими ознаками: за тиском одержуваного ацетилену — генератори низького тиску — до 0,02 МПа і середнього — понад 0,02 до 0,15 МПа; за способом установки — пересувні і стаціонарні; за продуктивністю: пересувні — 1,25 м<sup>3</sup>/год. і 3,0 м<sup>3</sup>/год., стаціонарні — 5, 10, 20, 40, 80, 160, 320 і 640 м<sup>3</sup>/год. На заводах і будівельних майданчиках частіше застосовують генератори продуктивністю 1,25 м<sup>3</sup>/ч; за способом взаємодії карбіду кальцію з водою установлено три типи: КВ, ВК і К («карбід у воду», «вода на карбід» і контактний).

На рис. 5.1 представлені принципові схеми генераторів цих типів



1 — карбід кальцію, 2 — відбір газу, 3 — газозбірник, 4 — подача води, 5 — реторта.

**Рисунок 5.1 – Принципові схеми ацетиленових генераторів: а – тип КВ; б – тип ВК; в – тип К**

В генераторі типу КВ (рис. а) передбачається періодична (порціями) подача у воду карбіду кальцію. При цьому досягається найбільший вихід ацетилену (до 95%). В генераторі типу ВК (рис. б) здійснюється періодична подача порцій води в завантажувальний пристрій, куди наперед насипається карбід кальцію. В генераторі типу К (рис. 80, в) передбачається періодичне зіткнення і взаємодія карбіду кальцію з водою. Застосовують два варіанти: «витіснення води» (для роз'єднання води і карбіду кальцію) і «занурення карбіду» (для отримання контакту води з карбідом кальцію). Отримання ацетилену за контактним принципом здійснюється автоматично і широко використовується в пересувних генераторах, але в порівнянні з генераторами інших типів генератор типу К дає найменший вихід ацетилену.

Для живлення пальників ацетиленом використовують балонний газ або пересувні генератори (табл. 5.2). Залежно від розмірів кусків карбіду

кальцію вихід ацетилену знаходиться у межах 240-375 л/год при часі розкладання від 5 до 13 хв.

Для зварювання з флюсом використовують спеціальний пост УФП-1, який здійснює подачу в полум'я пальника пари флюсу БМ-1, при згорянні якої утворюється флюсова речовина - оксид бору. До нього входять газорозбірні пости ПГУ-5 і ПГК-10, флюсо-живильник ФГФ-3, осушник ацетилену ОАФ-3, економайзер і рукави.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики пересувних генераторів ацетилену

Тип	Найбільший тиск, МПа	Одочасне завантаження карбідом кальцію, кг	Габарити, мм	Маса порожнього генератора, кг
АСП-1,25-7	0,15	3,5	420x350x960	20
АСП-10	0,15	3,2	400x500x1000	16,5
АСК-1-67	0,07	22	1525x90x1500	200
АСК-3-74	0,15	50	1850x1350x1715	570
АСК-4-74	0,07	50	2350x1350x570	570

Для стаціонарних умов роботи користуються спеціальними газорозбірними постами (табл. 5.3).

Таблиця 5.3 Технічні характеристики газорозбірних постів

Поданий газ	Марка поста	Пропускна здатність, м <sup>3</sup> /год	Тиск газу, МПа		Маса, кг
			на вході	на виході	
Кисень	ПГК-10-73	10	0,2-1,6	0,01-0,5	8
Те саме	ПГК-40-73	40	0,3-15	0,1-0,5	8,4
>>	ПГК-90-72	90	1-3,5	0,3-1,6	38
Ацетилен	ПГА-3,2-70	3,2	до 0,07	-	14,2
Ацетилен або його замітник	ПГУ-5	5	0,03-0,15		-

Найбільша витрата кисню і ацетилену – 3,2 м/год, флюсу – (30...100) г на 1 м<sup>3</sup> горючого газу, місткість резервуара флюсоживильника – 5,2 л, маса силікагелю в осушнику – 5,3 кг. Для дрібних робіт використовують переносні установки, наприклад, ПГУ-3.

З балона газу надходять до пальника по спеціальних рукавах згідно з ГОСТ 9356-85 (див. нижче), на його шляху після редуктора встановлюють запобіжні пристрої для захисту зварювальних постів – постові затвори (найбільш компактним і надійним з них є ЗСУ-1) і зворотні клапани (табл. 5.4). Останні використовують тільки при роботі на газах-замінниках ацетилену (включаючи водень) (АЗС-1, АЗС-3) і для горючих рідин (ЛКО-1).

Таблиця 5.4 – Технічні характеристики запобіжних пристроїв

Найменування і тип	Найбільша пропускна здатність, м <sup>3</sup> /год	Найбільший тиск, МПа	Найбільший опір потоку газу, МПа	Габарити, мм	Маса, кг
<i>Постові затвори</i>					
Рідинний ЗСП-8	3,2	0,07	0,006	210x165x690	5,7
«Сухий» середнього типу з полуменевогасильною вставкою ЗСУ-1	5,0	0,15	0,02	85x80x180	1,9
«Сухий» середнього типу з полу'явідсічним пристроєм ЗСП-3.2	3,2	0,15	0,01	80x80x120	1,1
<i>Зворотні клапани</i>					
Для горючих газів – замінників ацетилену ЛЗС – 3	40	0,3	0,025	160x160x180	7,9
Для горючих газів – замінників ацетилену ЛЗС – 1	10	0,15	0,025	45x45x160	0,755
Для горючих рідин ЛКО-1	36	1,0	0,1	28x28x63	0,14
<i>Полуменеві гасники</i>					
Ацетиленовий Пга	2	0,135	0,01	25x90	0,2

Клас рукава	I	II	III
Подавана речовина	Ацетилен, природний газ, пропан-бутан	Рідке паливо	Кисень
Робочий тиск, МПа	0,63	0,63	2
Колір зовнішнього шару	Червоний	Жовтий	Синій

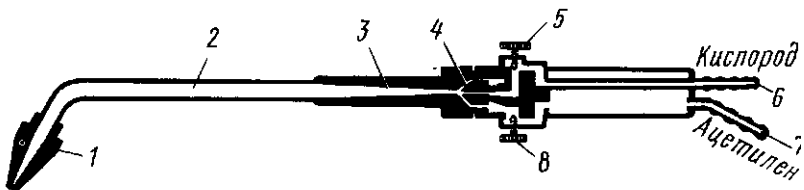
Зворотні клапани типу ЛЗС і рідинні запобіжні затвори – захисні пристрої гравітаційної дії і мають встановлюватися строго вертикально, а зворотний клапан ЛКО приєднується до рукоятки газорізу.

Полуменеві гасники (табл. 5.4) встановлюють на вхідних штуцерах різаків, пальників, напилювальних пристроїв стаціонарних машин і установок для газополуменевої обробки. Вони перешкоджають потраплянню зворотного удару полум'я в рукав, з'єднуючий вогневу апаратуру з запобіжним пристроєм (постовим затвором чи газовим колектором газоспоживного агрегату).

Для зниження високого тиску, що знаходиться в балоні, до робочого 0,1-0,4 МПа (1-4 кгс/см<sup>2</sup>) і підтримки його постійним в процесі зварювання застосовують редуктор. Він нагвинчується на балон і закріплюється накидною гайкою.

Пальник для газового зварювання призначений для створення суміші з горючого газу з киснем в необхідному співвідношенні і отримання направлено зварювального полум'я необхідної потужності. За принципом роботи для газового зварювання пальники розділяються на пальники низького і високого тиску. Пальники високого тиску прості по конструкції і забезпечують постійний склад горючої суміші, але мають обмежене застосування у зв'язку з необхідністю подачі кисню і ацетилену під тиском.

Широко вживані пальники низького тиску з вбудованим інжектором (рис. 5.2) працюють за принципом інжекції (всмоктування) горючого газу киснем.



1 – мундштук; 2 – трубка наконечника; 3 – камера змішувача; 4 – інжектор; 5, 8 – вентилі регулювання складу суміші; 6, 7 – ніпелі.

**Рисунок 5.2 – Ацетилено-кисневий інжекторний пальник**

У них по шлангу і трубі 6 до вентиля 5 і через нього в інжектор 4 надходить кисень. Витікаючи з великою швидкістю з інжектора в камеру змішувача 3, струмінь кисню створює розрідження, що викликає підсос ацетилену. Ацетилен надходить по шлангу до сполучного ніпеля 7, а потім через корпус пальника і вентиль 8 в камеру змішувача, де утворює з киснем горючу суміш. Отримана суміш по трубі наконечника 2 подається в мундштук 1, на виході з мундштука підпалюється, утворюючи при згоранні зварювальне полум'я.

### Вибір режиму і технології газового зварювання

У режим газового зварювання входять: витрата горючого газу і кисню, тип пальника і номер наконечника, спосіб зварювання, кут нахилу пальника і дроту, марка і діаметр присадного дроту.

1. Витрата горючого газу при зварюванні ацетилено-кисневим полум'ям визначиться:

$$W_{C_2H_2} = K \cdot S \text{ дм}^3/\text{год}$$

де  $K$  – питомий коефіцієнт:  $K = 80 \dots 150$  – для низьковуглецевої сталі,  $70 \dots 120$  – для легованої сталі,  $110 \dots 300$  – для міді,  $150 \dots 200$  – для чавуну;

$S$  – товщина зварюваного металу (0,5-12 мм).

2. Витрата кисню при зварюванні нормальним полум'ям

$$W_{O_2} = W_{C_2H_2} \cdot (1,1-1,3) \text{ дм}^3/\text{год}$$

3. За витратою горючого газу і кисню вибирається тип пальника і номер наконечника згідно з даними табл. 5.5.

4. Спосіб зварювання вибирається залежно від товщини зварюваного металу –  $S$  і положення шва в просторі. Зварювання металу  $S < 5$  мм нижнім і вертикальним швом виконують лівим способом (рис. 5.3 а). Нижні і стельові шви при товщині металу  $S > 5$  мм виконують правим способом (рис. 5.3 б)

При лівому способі пальник переміщується за присадним металом, зварювальне полум'я направлено на кромки, шов і зварювальна ванна залишаються позаду. Полум'я вільно розтікається по поверхні металу, що знижує небезпеку появи пропалу і перепалу металу.

При правому способі пальник переміщується попереду присадного металу. Зварювальне полум'я направлено на холодний шов, що формується. Його розтікання обмежене кромками заготовок і наплавленим валом, що значно знижує розсіювання теплоти і підвищує коефіцієнт його використання.

5. Кут нахилу пальника вибирають залежно від товщини зварюваного металу (рис.5.4).

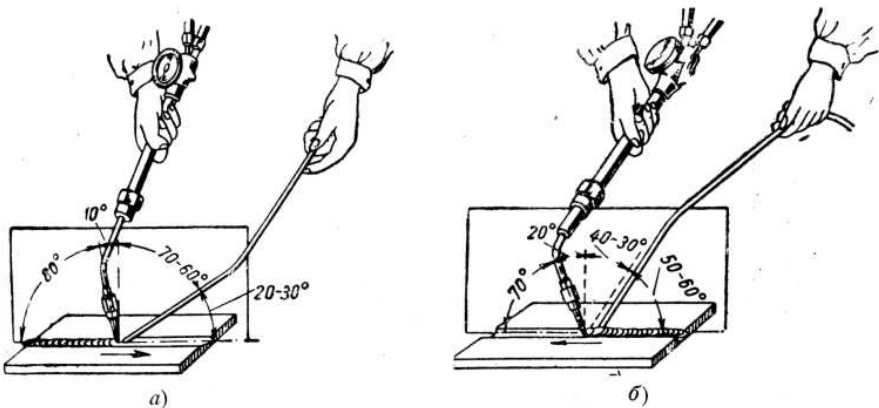
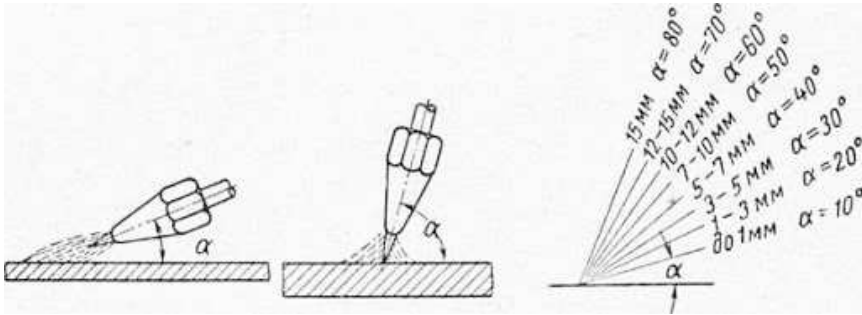


Рисунок 5.3 – Способи зварювання: а – лівий; б – правий

Таблиця 5.5 – Тип пальника і номер наконечника при зварюванні сталі

Тип пальника	№ наконечника	Витрати, дм <sup>3</sup> /год		Тиск, кгс/см <sup>2</sup>		Швидкість витоку суміші з мундштук
		ацетилену	кисню	Ацетилену	кисню	
ГС-2 «Зірочка»	0	25-60	28-70	не нижче 0,01	0,5-4	40-130
	1	150-125	55-135		1-4	50-130
ГС-3 «Зірка»	2	120-240	130-260		1,5-4	65-135
	3	230-430	250-440		2-4	75-135
	4	400-720	430-750		2-4	80-140
	5	660-1100	740-1200		2-4	90-150
	6	1030-1750	1150-1950		2-4	100-160
	7	1710-2800	1900-3100	2-4	110-170	

Зварювання металів товщиною  $S < 2$  мм, проводять встик з вібортовкою кромок без присадного металу або встик без зазору і оброблення кромок, але з присадним металом. При товщині металу  $S = 2-5$  мм зварювання виконують встик із зазором без оброблення кромок. При  $S > 5$  мм застосовується оброблення кромок.



**Рисунок 5.4 – Кут нахилу пальника**

### **Порядок виконання роботи**

1. Вивчити типи ацетиленових генераторів та принцип їх дії.
2. Ознайомитись з технологією та методикою вибору режимів газового зварювання.
3. Вибрати режими зварювання для заданої викладачем товщини металу і заповнити таблицю.

Товщина металу	Назва металу	Кут нахилу пальника	Потужн. зварюв. полум'я	Діаметр присадн. прутка	Витрати кисню	Швидкість зварювання
мм		град.	л /год	мм	л/год.	м/год.
						-

4. Зробити висновки з проведеної роботи.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

### КОНТАКТНЕ ТОЧКОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

**Мета роботи:** Ознайомитись з суттю процесу контактного точкового зварювання, вивчити будову та принцип роботи точкової зварювальної машини МТ-601, навчитись вибирати режими точкового зварювання, дослідити вплив режимів зварювання на якість зварного з'єднання

**Обладнання та матеріали:** точкова зварювальна машина моделі МТ-601, комплект заготовок для зварювання.

#### Короткі теоретичні відомості

Контактним зварюванням називається зварювання із застосуванням тиску, при якому нагрівання проводиться теплотою, що виділяється при проходженні електричного струму через з'єднувані частини, що знаходяться в контакті.

Точкове контактне зварювання — це зварювання, при якому з'єднання елементів відбувається на ділянках, обмежених площею торців електродів, що підводять струм і передають силу стиску (рис. 6.1).

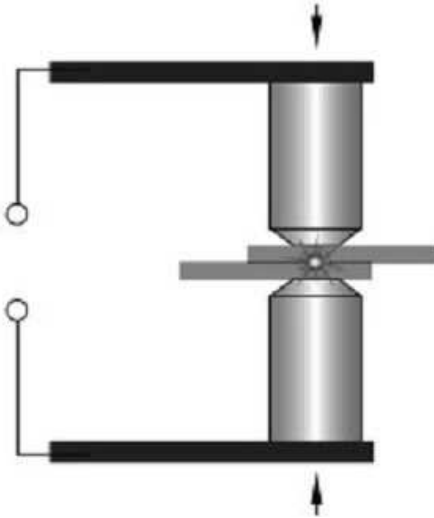
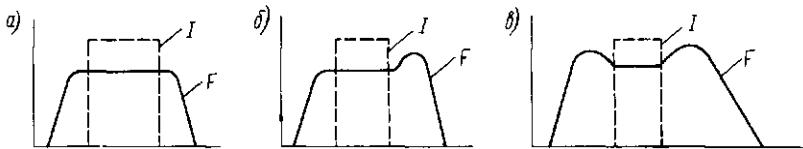


Рисунок 6.1 – Контактне точкове зварювання

Зварювані листи або стрижні накладають один на один і затискають металевими електродами, до яких підводиться зварювальний струм. Нагрів металу відбувається при замиканні зварювального ланцюга. Найбільша

кількість теплоти виділяється на ділянці найбільшого опору ланцюга, тобто в зоні з'єднання зварюваних листів (стрижнів). Тут метал розплавляється. Після вимкнення струму і осадки зварювальна ванна кристалізується і утворюється зварна точка. Підготовка поверхонь до зварювання полягає в ретельному механічному (абразивними матеріалами, піскоструминним апаратом, металевою щіткою) або хімічному (травленням) очищенні їх з обох боків від бруду, масла і оксидної плівки. Добре очищення і щільне прилягання поверхонь забезпечують високу якість зварної точки.

Цикл зварювання складається з таких періодів: стиску зварюваних заготовок, дії зварювального струму і зняття сили стиску. Застосовують різні способи поєднання (рис.6.2) періодів дії зварювального струму  $I$  і сили  $F$  стиску. Спосіб (а) відповідає зварюванню при постійному тиску і застосовується при зварюванні низьковуглецевих і неіржавіючих сталей товщиною до 3 мм. Зварювання за способом (б) відрізняється тим, що після вимкнення зварювального струму силу стиску збільшують, що забезпечує добре формування металу і дозволяє отримати зварну точку підвищеної міцності; застосовується для зварювання виробів з низьковуглецевої сталі підвищеної товщини. Зварювання за способом (в) складається зі стискання листів більшою силою перед зварюванням, зварювання при меншому тиску і подальшого стискання підвищеною силою при вимкненому струмі. Застосовується при зварюванні листів великої товщини, коли необхідно забезпечити формування і твердіння зварної точки.



**Рисунок 6.2 – Цикли контактного точкового зварювання**

Стационарні точкові машини призначені для зварювання листових конструкцій з низьковуглецевої сталі завтовшки 0,2...8 мм

Технічні дані стаціонарних точкових машин змінного струму приведені в табл. 6.1.

Процес зварювання може бути виконаний при жорсткому (густина струму 160...360 А/мм<sup>2</sup>, тривалість циклу 0,2...1,5 с) і м'якому (густина струму 70...160 А/мм<sup>2</sup>, тривалість циклу 2...3 с) режимах. Діаметр зварної точки залежить від товщини зварюваних листів і складає 1...1,5 діаметри електроду, а також від зварювального струму і тривалості циклу зварювання. Діаметр, електроду приймається на 3...4 мм більше сумарної товщини зварюваних листів.

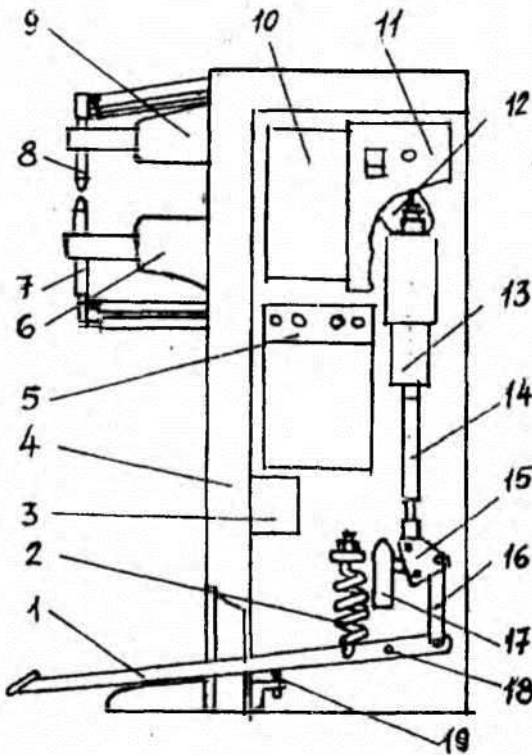
Таблиця 6.1 – Стационарні точкові машини змінного струму

Технічні дані	Тип машини				
	МТ501	МТ602	МТ810	МТ1214	МТП50-7
Номинальний зварювальний струм, кА	5,0	6,3	8,0	12,5	2,5
Номинальний режим роботи ПВ %	20,0	20,0	20,0	20,0	12,5
Номинальна потужність, кВА	9,2	5,0	6,3	8,00	150
Виліт електродів, мм	250	250	315	420	300
Робочий хід верхнього електроду, мм	20	20	30	30	50
Зусилля стиснення електродів, кН	1,0	2,0	3,0	5,0	5,0
Товщина зварюваної маловуглецевої сталі, мм	0,2+0,2 - 2,0+2,0	0,2+0,2 - 2,0+2,0	0,25+0,25 - 3,0+3,0	2,0+2,0 - 4,0+4,0	2,5+2,5
Габаритні розміри довжина, ширина, висота, мм	830x452 x1237	800x452 x1237	1088x410 x1400	1240x431 x1575	1130x470 x1670
Маса, кг	210	215	325	440	450

Точкова зварювальна машина МТ-601 (рис. 6.3) призначена для зварювання деталей із листової маловуглецевої сталі товщиною 0,2...2 мм. Вона складається із механічних вузлів та електричної частини. До механічних вузлів належить корпус 4 і механізм стиснення електродів.

Корпус виготовлено з двох стояків з'єднаних з переду кронштейном, до якого за допомогою контактної латунної колодки приєднана струмоведуча консоль 6. Верхня струмоведуча консоль 9 приєднана до верхнього важеля 12 механізму стиснення електродів. До механізму стиснення електродів, крім важеля 12, входить тяга 14, яка з'єднана з ним через стакан 13 і розташовану в ньому пружину, трикутний важіль 15, проміжну тягу 16 і педаль 1. Робочий хід педалі обмежується упором 19, а для повернення педалі у вихідне положення служить пружина 2. При натискуванні на педаль вона повертається відносно осі 18 і через проміжну тягу 16 повертає важіль 15,

який пересуває тягу 14 і через неї — верхній важіль 12. В результаті верхня консоль опускається разом з електродом 8.



**Рисунок 6.3 –Будова точкової зварювальної машини МТ-601**

Електрична частина машини складається з верхнього 8 і нижнього 7 електродів, безконтактного датчика (БВК -24) 17, джерела струму 10, мідної шини, через яку зварювальний струм підводиться від трансформатора до електродів, перемикача ступенів регулювання електричної потужності в зоні зварювання 11, електронного реле часу (РВС) для регулювання тривалості проходження струму 5 та контактора 3.

Електроди виконують такі функції: передачу тиску на зварювані деталі; підведення електричного струму до деталей та відведення тепла при кристалізації металу.

Електроди для точкового зварювання повинні мати низький електричний опір та високу теплопровідність, тому їх виготовляють з

кадмієвої бронзи. Джерелом електричного струму в зварювальній машині є трансформатор, у якого вторинна обмотка охолоджується водою. Безконтактний вимикач 17 через систему важелів спрацьовує, коли тяга 14 знаходиться в крайньому верхньому положенні. При цьому вмикається контактор 3, який замикає зварювальний ланцюг і водночас на електронному реле часу 5 вмикається витримка «Сварка». При опусканні педалі вимикач 17 знеструмує зварювальний ланцюг.

Технічна характеристика точкової зварювальної машини МТ — 601

Номінальний зварювальний струм, А –	6,3
Номінальна первинна потужність, кВт –	14,2
Первинна напруга, В –	220/380
Номінальний первинний струм, А –	64,6/36,4
Товщина зварюваних деталей, мм –	від 0,2 до 2,0
Номінальна товщина зварюваних деталей, мм –	0,8
Кількість ступенів регулювання –	8
Вторинна напруга неробочого ходу, В –	1,25...2,5
Максимальне засилля стискування електроду, кгс–	200
Привід стискування електродів	пневматичний або педальний
Хід верхнього електрода, мм –	радіальний
Виліт хоботів, мм –	25
Номінальне розведення хоботів, мм –	150
Максимальний робочий хід, мм –	250
Розхід охолоджуючої води, л/год –	300
Габаритні розміри, мм –	452 x 830 x 1237
Вага, кг –	215

Послідовність роботи на машині МТ—601

1. Увімкнути вимикач електромережі та водяне охолодження машини.
2. Зачистити деталі від бруду та окисних плівок.
3. Скласти заготовки внапусток.
4. Встановити вибраний технологічний режим зварювання.
5. Зварити заготовки між собою у вибраному режимі. Для цього необхідно:
  - а) встановити зібрані заготовки на нижній електрод;
  - б) за допомогою педалі стиснути заготовки між електродами;
  - в) увімкнути зварювальний струм і, не знімаючи зусилля стиску, зварити заготовки в одній точці;
  - г) відпустити педаль і звільнити зварне з'єднання, пересунути його і, повторюючи операції (а, б, в), зварити в наступному місці, одержавши таким чином ряд точок.

### Вибір режиму точкового зварювання

Основними параметрами режиму точкового зварювання є: діаметр і форма робочої поверхні електродів, сила зварювального струму –  $I_{зв}$ , час зварювання –  $t_{зв}$ , зусилля стиснення електродів. Режими точкового зварювання низьковуглецевих сталей і алюмінієвих сплавів наведені в табл. 6.2, 6.3.

Таблиця 6.2 – Режими точкового зварювання низьковуглецевої сталі

Товщина заготовок S, мм	Процес зварювання одноімпульсний з тиском	Режим		
		Сила струму, кА	Час зварювання, с	Зусилля стиснення, кгс
0,5	постійним	6-6,5	0,05-0,1	120-180
1,0		7-8	0,12-0,16	250-300
1,5		9-10	0,16-0,22	400-500
2		10-11,5	0,18-0,24	600-700
3		11,5-14	0,24-0,3	900-1000
4		17-19	0,4-0,56	1300-1500
6	змінним	28,2	0,47	2300
8		32	0,44	3200
10		34	0,62	3500

### Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з суттю способу контактного точкового зварювання, його технологічними особливостями та методикою вибору режимів зварювання.
2. Для заданих зразків з урахуванням їх товщини й марки металу вибрати технологічні режими зварювання за таблицею 6.2.
3. Додержуючись порядку роботи на точковій машині, зварити зразки у підібраних технологічних режимах.
4. Заповнити таблицю результатів.

Таблиця результатів

Матеріал і вид зварюваної заготовки	Точкове зварювання				
	Режим				
	Схема циклу	Сила струму $I, A$	Час зварювання $t, c$	Зусилля стискання $P_c, кгс$	Якість зварного з'єднання

