

Міністерство освіти і науки

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до «Навчально-технологічної практики»  
для студентів напрямку підготовки «Зварювання»,  
освітньо-кваліфікаційний рівень – 6.050504 «Бакалавр»

Затверджено  
на засіданні кафедри ТМ і М  
Протокол №12/44  
від 16 березня 2015 р.

Укладач: С.О. Лузан

Відповідальний за випуск Мощенок В.І.

Харків ХНАДУ 2015

Укладач: С.О. Лузан

Кафедра технології металів і матеріалознавства

© С.О. Лузан  
© ХНАДУ

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Мета практики: оволодіння технікою і навичками виконання зварних з'єднань найбільш розповсюдженими при виготовленні зварних конструкцій способами зварювання і практична підготовка студентів до атестації на одержання посвідчення зварника 2 – 3 розряду, із наступною перездачею на 4 розряд.

Задачі практики: ознайомлення з основними типами зварних з'єднань і швів, устаткуванням для ручного дугового, напівавтоматичного й автоматичного зварювання, зварювальними матеріалами, технікою і технологією дугового зварювання, апаратурою й технологією дугового різання, основними вимогами, що пред'являються до джерел живлення зварювальної дуги, технікою безпеки і проти-пожежних заходів, основами контролю якості дефектів зварних з'єднань.

У результаті проходження практики студенти повинні знати та володіти: класифікацію зварних з'єднань і швів, види електрозварювальних постів, класифікацію джерел живлення, пристрій і обслуговування зварювальних трансформаторів, випрямлячів, перетворювачів, класифікацію електродів по типам, маркам, їхні властивості, технікою ручного, напівавтоматичного й автоматичного зварювання й різання, основні види дефектів зварних швів і методи їхнього виявлення, правила техніки безпеки при виконанні робіт.

Уміти: набудувати і регулювати параметри режиму зварювання, збуджувати і підтримувати стабільність горіння дуги, формувати вузькі і широкі валики рівномірної ширини і висоти, виконувати стикові й кутові шви з різною підготовкою крайок, виконувати зварювання в різних просторових положеннях – стельове, вертикальному, горизонтальному, набудувати устаткування для напівавтоматичного й автоматичного зварювання, набудувати машини контактного зварювання і вибрати найбільш оптимальні режими, робити зварювання.

Придбати навички: підготовки поверхні металу під зварювання, виконання зварювальних операцій різними способами електродугового зварювання, обслуговування й налаштування джерел живлення зварювальної дуги.

# ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №1

## ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ І ПРОТИПОЖЕЖНІ ЗАХОДИ ПРИ РУЧНОМУ ДУГОВОМУ ЗВАРЮВАННІ

### 1.1 Мета заняття

Ознайомлення з основними вимогами техніки безпеки, промислової санітарії і протипожежними заходами, які треба виконувати при проведенні зварювальних робіт.

### 1.2 Короткі відомості

Дугове електрозварювання, в умовах правильно організованого виробництва при дотриманні вимог техніки безпеки і охорони праці, не є особливо шкідливим і небезпечним технологічним процесом.

При невиконанні правил техніки безпеки можливі наступні види травматизму [1, 6]:

- ураження електричним струмом;
- ураження променями електричної дуги очей і незахищених ділянок шкіри;
- опіки краплями розплавленого металу;
- отруєння пилом і шкідливими газами, що виділяються при зварюванні;
- удари та поранення від вибухів балонів і судин із зрідженими газами.

Захисні засоби і заходи, що передбачені правилами техніки безпеки, забезпечують безпеку зварника.

До захисних засобів відносяться: брезентовий костюм (куртка, брюки), брезентові рукавиці, головний убір, закрите взуття, щиток, або маска з світлофільтром, окуляри з простим склом, респіратор, або вентиляційний пристрій.

При проведенні зварювальних робіт треба дотримуватись наступних правил по техніці безпеки:

- зварювальні роботи дозволяється виконувати тільки у спецодязі;

- марка світлофільтра, що використовується у щитку, повинна відповідати величині зварювального струму;
- застосовувати місцеву або загальну вентиляцію;
- правильно організувати зварювальний пост;
- щоденно перевіряти надійність заземлення зварювального обладнання і його справність;
- усувати несправність зварювального обладнання, підключати і відключати його від силової мережі дозволяється тільки електрику.

Основною причиною пожеж при виконанні зварювальних робіт є порушення правил пожежної безпеки, якими передбачено наступні заходи по попередженню пожеж:

- відгородження робочого місця зварника металевими, або брезентовими ширмами;
- відсутність на робочому місці зварника речовин, що легко займаються або вибухонебезпечних матеріалів;
- оснащення місць проведення зварювальних робіт засобами пожежогасіння;
- дотримання правил користування і щоденна перевірка справності зварювального обладнання.

### **1.3 Порядок проведення заняття**

Вивчити інструкцію по техніці безпеки при виконанні зварювальних робіт в лабораторії.

Ознайомитись із засобами захисту зварника від травматизму і шкідливих впливів. Засвоїти методика вибору індивідуальних засобів захисту і правила користування ними:

- підібрати і встановити світофільтри у зварювальні щитки і маски;
- підібрати костюм, рукавиці і головний убір, впевнитись у відповідності їх необхідним вимогам;
- засвоїти техніку безпечного видалення шлаку з поверхні зварного шва і зачистку поверхні кромки металу;
- вивчити місця розташування кнопок включення струму, вентиляції, освітлення, засвоїти техніку включення і виключення;

- провести огляд інструменту на робочому місці і дати висновок про його відповідність вимогам техніки безпеки;
- засвоїти техніку виконання прийомів штучного дихання при ураженні електричним струмом;
- ознайомитись із засобами гасіння пожеж в лабораторії і шляхами евакуації із приміщення.

### **Запитання для самоперевірки**

1. Періодичність проведення інструктажу по техніці безпеки.
2. Правила допуску до виконання зварювальних робіт.
3. Вимоги до приміщення в якому проводяться зварювальні роботи і заземлення зварювального обладнання.
4. Вимоги до освітлення і вентиляції робочого місця зварника.
5. Вимоги до зварювальних кабелів і дротів.
6. Правила вибору і установки світлофільтра в щиток (маску).
7. Причини ураження електричним струмом і заходи безпеки. Правила підключення електричної мережі.
8. Заходи безпеки від опіків, травм і уражень зору променями зварювальної дуги при зварювальних роботах.
9. Протипожежні заходи при електродуговому зварюванні. Правила користування первинними засобами пожежогасіння.

### **Література:**

[1, с. 107-109; 6, с. 211-215]

## **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №2**

### **ПІДГОТОВКА ОСНОВНИХ І ЗВАРЮВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

#### **2.1 Мета заняття**

Ознайомлення з вимогами до підготовки і зберігання основних і зварювальних матеріалів до зварювальних робіт.

#### **2.2 Короткі відомості**

Якість зварного шва у великій мірі залежить від підготовки металу до зварювання і якості електродів. Поверхня металу перед зварюванням повинна бути зачищеною до повного видалення іржі, окалини, змащувальних матеріалів фарби і інших забруднень, що можуть викликати утворення пор і тріщин при зварюванні.

Ручним дуговим зварюванням виконують стикові, кутові, таврові і накладні з'єднання. Для забезпечення повного проплавлення кромek деталей, які з'єднують, застосовують скіс кромek. При ручному дуговому зварюванні основні типи швів зварних з'єднань та конструктивні елементи кромek виконують відповідно ГОСТ 5264. Вирізку деталей та підготовку кромek здійснюють струганням, фрезеруванням, точінням чи термічною різкою з подальшою механічною зачисткою.

Ручне дугове зварювання виконують металічними плавкими електродами, які складаються з металічного стержня та покриття. Покриття електродів призначені для газового та шлакового захисту рідкого металу від азоту та кисню повітря, розкислення рідкого металу, його легування та стабілізації зварювальної дуги. Після тривалого зберігання електроди слід просушити в печі при температурі 100 – 300 °С, так як їх обмазка може відволожитися, а це призведе до появи пор у зварному шві.

Найбільш широко розповсюджені електроди типів Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А. Буква “Э” значить електрод, а число, що знаходиться за буквою, - величину тимчасового опору наплавленого

металу розриву (кг/мм<sup>2</sup>). Буква “А” вказує на підвищені вимоги до пластичних властивостей шва.

### **2.3 Порядок проведення заняття**

Дослідити основні типи зварювальних швів та з'єднань, конструктивні елементи підготовки кромки деталей для ручного дугового зварювання.

Ознайомитися зі слюсарним та вимірювальним інструментом, що використовується для підготовки металу під зварювання.

Засвоїти техніку підготовки поверхні та кромки деталей під зварювання.

Дослідити будову покритого металічного електроду та вимоги, що пред'являються до його якості. Виконати огляд умов зберігання електродів.

Ознайомитися з обладнанням для сушіння електродів та засвоїти техніку сушки.

### **Питання для самоперевірки**

1. Основні типи зварних швів та з'єднань при ручному дуговому зварюванні.
2. Характеристика конструктивних елементів та типів оброблення кромки деталей під зварювання.
3. Вимоги до підготовки поверхні та кромки деталей під зварювання, методи їх здійснення.
4. Будова електродів для ручного дугового зварювання.
5. Вимоги до якості зварювальних електродів.
6. Призначення покриття електроду та вимоги до його якості.
7. Призначення та температура сушіння електродів перед зварюванням.
8. Вимоги до зберігання зварювальних електродів.

### **Література:**

[1, с. 10 – 15; с. 5 – 7; 4, с. 3 – 5; 5, с. 4 – 12 ].



## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №3

# ДОСЛІДЖЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ПОСТА РУЧНОГО ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

### 3.1 Мета заняття

Вивчити характеристики, будову та принцип роботи обладнання поста ручного дугового зварювання, ознайомитись з призначенням інструменту, настройкою та регулюванням параметрів режиму зварювання покритими електродами.

### 3.2 Короткі відомості

При ручному дуговому зварюванні покритими електродами зварне з'єднання утворюється за рахунок розплавлення металу що зварюється та електродного металу зварювальною дугою, виникаючою в результаті сильного нагрівання торця електрода під дією електричного поля в іонізованому дуговому проміжку (рис. 3.1).

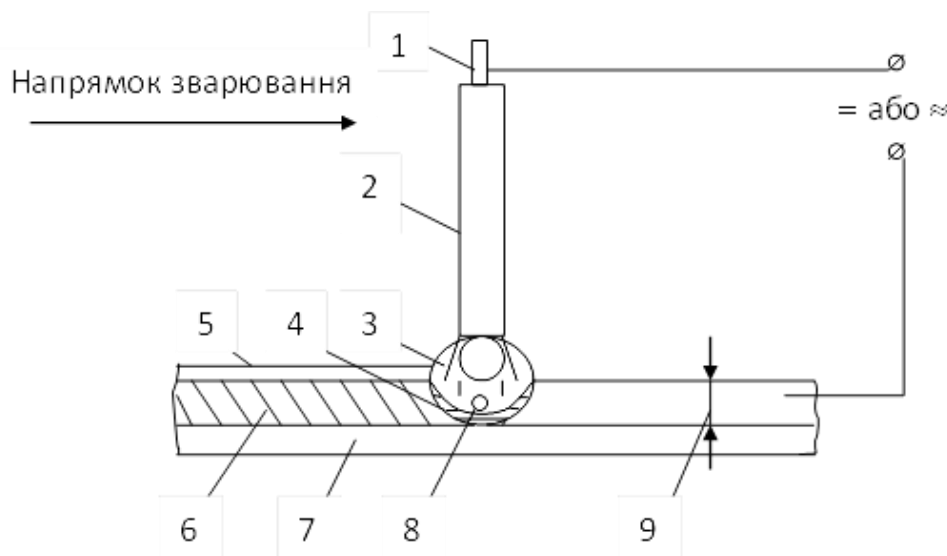


Рисунок 3.1 – Схема процесу ручного дугового зварювання покритими електродами: 1 – металевий стержень; 2 – покриття електроду; 3 – газова атмосфера зварювальної дуги; 4 – зварювальна ванна; 5 – затверділий шлак(шлакова кірка); 6 – закристалізований метал шва; 7 – основний метал; 8 – краплі розплавленого електродного металу; 9 – глибина проплавлення.

Для стабілізації горіння дуги в дуговий проміжок вводять через електродне покриття елементи з низьким потенціалом іонізації (калій, натрій, барій та ін.).

В залежності від марки металу що зварюється та типу покриття електроду зварювання виконують або на змінному, або на постійному струмі. Постійний струм має ту перевагу, що дуга горить стабільніше, а процес зварювання вести легше, особливо на малих силах струму.

Схема посту ручного дугового зварювання на постійному струмі від зварювального випрямляча наведена на рис. 3.2.

Зварювальні випрямлячі – це прилади, що перетворюють за допомогою напівпровідникових елементів – вентелів (кремнієвих чи селенових) змінний струм у постійний для живлення зварювальної дуги.

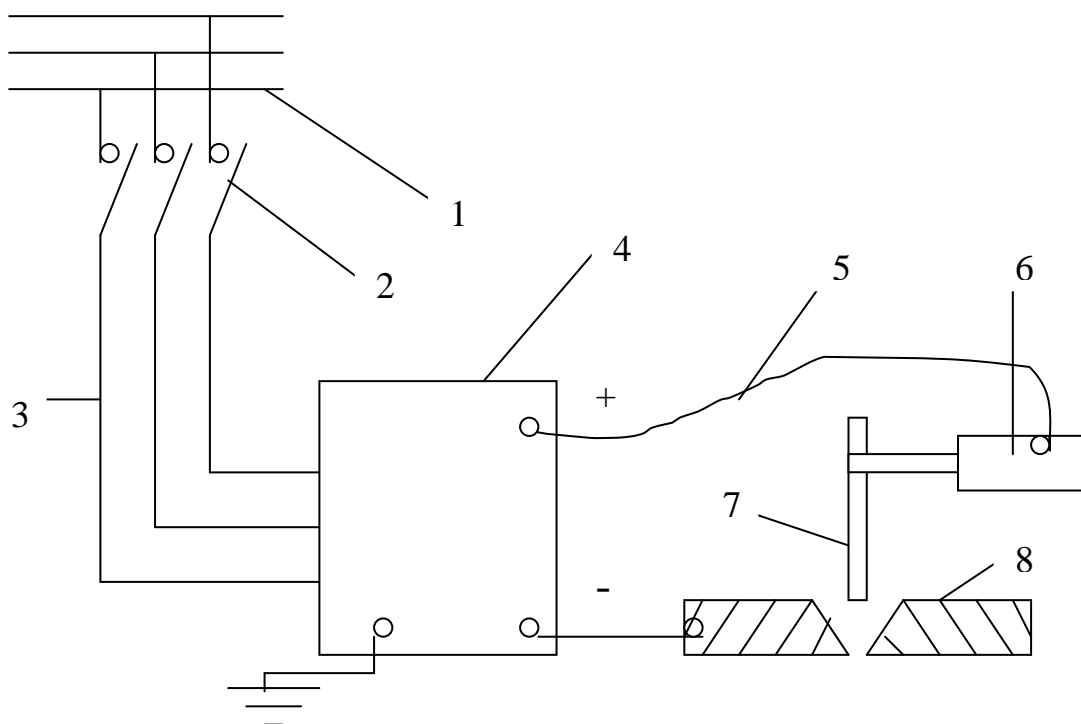


Рисунок 3.2 – Схема посту для ручного дугового зварювання на постійному струмі від зварювального випрямляча: 1 – трьохфазна електрична мережа з напругою 380 В; 2 – рубильник; 3 – електричні проводи; 4 – зварювальний випрямляч; 5 – зварювальні проводи; 6 – електродотримач; 7 – зварювальний електрод; 8 – виріб, що зварюється.

Рядом суттєвих переваг (найкраще використання потужності джерела живлення, менша вартість обладнання, високий коефіцієнт потужності, мала інерційність та швидкодія при перехідних режимах) має багатопостова система зварювання, при якій використовуються випрямлячі з жорсткими зовнішніми характеристиками. Падаюча характеристика, необхідна для зварювання покритими електродами, на кожному посту створюється за допомогою баластних реостатів, які включаються в коло дуги послідовно і дозволяють регулювати зварювальний струм.

Зварювальні пости лабораторії отримують живлення від багатопостового випрямляча ВКСМ – 1000, розрахованого на одночасне живлення шести постів з номінальним струмом по 300 А через баластні реостати РБ-301 (рис 3.3).

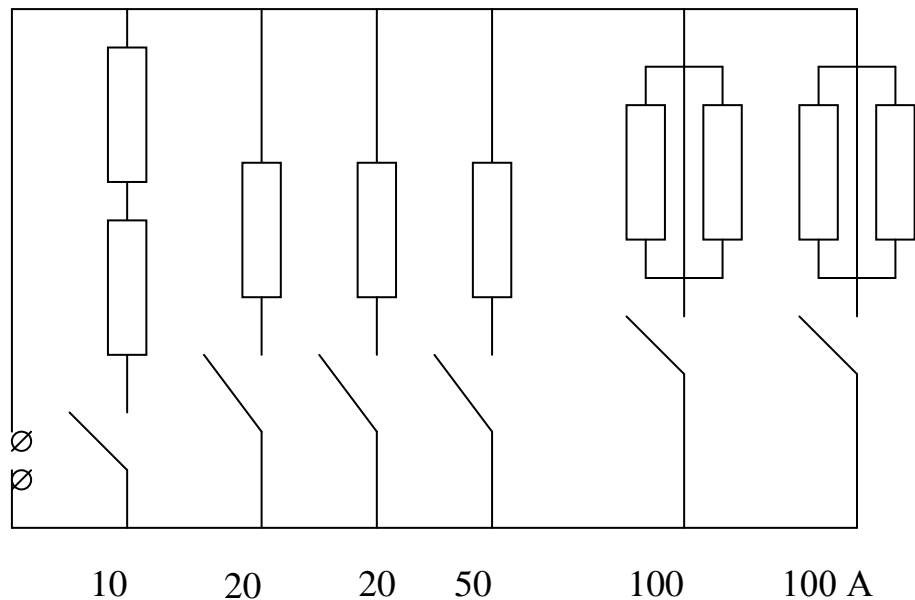


Рисунок 3.3 – Електрична структурна схема баластного реостату РБ-301: 10, 20, 50, 100 А – ступені зварювального струму.

Принципова схема багатопостового зварювального випрямляча з баластними реостатами наведена на рис. 3.4.

Технічна характеристика багатопостового зварювального випрямляча ВКСМ – 1000 дана в табл. 3.1.

Робоче місце зварювальника розміщується у зварювальній кабіні, де встановлюється стіл, збирально-зварювальні прилади, стелажі для деталей, інструмент.

Таблиця 3.1 - Технічна характеристика багатопостового зварюваль-ного випрямляча ВКСМ – 1000

Параметри	Одиниці вимірювання	Величина
Зварювальний струм Номінальний Одного поста	А	1000
	А	300
Номінальний режим роботи, ПВ	%	100
Напруга робоча номінальна Холостого ходу	В	60
	В	70
Номінальна потужність	кВА	70
Коефіцієнт потужності (cos φ)	–	0,89
ККД	%	86

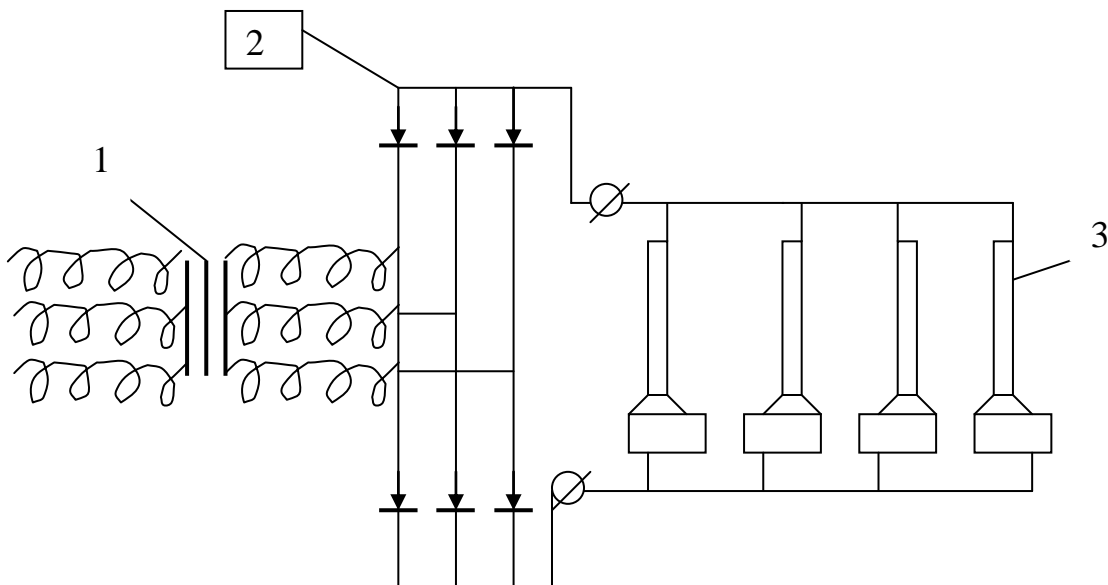


Рисунок 3.4 – Принципова схема багатопостового зварювального випрямляча з баластними реостатами: 1 – понижуючий зварювальний трансформатор зі збільшеним магнітним розсіянням; 2 – блок напівпровідникових вентилів; 3 – баластні реостати.

Основним інструментом зварювальника є електродотримач для закріплення електродів та підводу до нього зварювального струму. Електродотримачі можуть бути різних конструкцій (вилочні, пружинні, зажимні та ін.) та повинні задовольняти наступні вимоги:

- бути легкими (не більше 0,5 кг) та зручними в користуванні;
- мати надійну ізоляцію;
- не нагріватися при роботі та забезпечувати найбільш повне розплавлення електроду;
- забезпечувати швидке та надійне закріплення електроду.

До допоміжних інструментів зварника відносяться металічна щітка, зубило, молоток, клейма, набір шаблонів для контролю правильності зборки та розмірів швів.

Для запобігання очей та шкіри обличчя зварників від шкідливого впливу електричних променів та бризок розплавленого металу застосовуються щитки та маски, що виготовлені з жаростійкого та ізоляційного матеріалу, зі спеціальними темними світлофільтрами, вставленими в оглядові отвори. Вибір світлофільтра (СЗ-С11) залежить від величини зварювального струму. Від бризок та крапель розплавленого металу світлофільтр захищають звичайним прозорим склом.

Для захисту тіла зварника слугує спецодяг (куртка та брюки або комбінезон, рукавиці), виготовлений з щільного брезенту.

Зварювальний провід для підводу зварювального струму до електродотримача повинен бути гнучким та мати надійну ізоляцію. Струм від силової мережі підводиться до зварювального апарату по проводам марок ПРН та ДРГН, а від зварювальних апаратів – до робочих місць по гнучкому проводу ПРГ чи ПРГД з резиновою ізоляцією. Перетин проводу (при довжині не більш 40 м) вибирається в залежності від допустимої величини зварювального струму (табл. 3.2.).

**Таблиця 3.2 - Перетин зварювальних проводів**

Допустима величина струму, А	100	200	300	400	600	800	1000
Перетин мідного проводу, мм <sup>2</sup> : оди- нарного:	16	25	50	70	95	–	–
подвійного:	–	2x10	2x15	2x25	2x35	2x50	2x70

Робоче місце зварника повинно бути обладнано місцевою при-точно-витяжною вентиляцією. Для захисту оточуючих від

опромінення електричною дугою вхід в кабінку закривають шторами з вогнетривкого матеріалу.

### **3.3 Порядок проведення заняття**

Ознайомитись на робочому місці зі зварювальним обладнанням, інструментом та приладами.

Освоїти вмикання та вимикання джерела живлення, техніку регулювання зварювального струму, приєднання зварювального кабеля, зажиму електрода в електродотримачі, тримання електродотримача та щитка в руках, вмикання та вимикання вентиляції.

### **Питання для самоперевірки**

1. Будова та робота багатопостового зварювального випрямляча ВКСМ – 1000.
2. Як регулюється зварювальний струм на зварювальному посту від багатопостового випрямляча?
3. Як підібрати зварювальний провід для приєднання до електричної мережі?
4. Яким основним та допоміжним інструментом обладнується робоче місце електрозварника?
5. Як підібрати захисне скло?
6. Характеристика спецодягу зварника, правила користування нею.
7. Призначення баластного реостату РБ-301.
8. В яких випадках раціонально використовувати багатопостові джерела живлення?
9. Основні правила техніки безпеки при експлуатації постів ручного дугового зварювання.

### **Література:**

[1, с. 123 – 140; 2, с. 377 – 392].

## **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №4**

### **ТЕХНІКА ЗБУДЖЕННЯ ТА ПІДТРИМКИ ГОРІННЯ ЗВАРЮВАЛЬНОЇ ДУГИ**

#### **4.1 Мета заняття**

Ознайомитись зі способами збудження та властивостями зварювальної дуги, освоїти техніку збудження та підтримки її стабільного горіння.

#### **4.2 Короткі відомості**

Електрична зварювальна дуга – це потужний електричний розряд в іонізованій суміші газів та парів, утворених і металу що зварюється, та матеріалів електродів (або флюсу). Зварювальна дуга представляє собою газовий провідник, який по довжині можна розділити на три області: катодну, стовп та анодну (рис. 4.1). В процесі горіння дуги на електроді та металі що зварюється існують активні плями (катодне – на катоді, анодне – на аноді), що являють собою більш нагріті ділянки електроду та основного металу, через які проходить весь струм дуги.

Електрична дуга виникає в результаті сильного нагріву торця електроду, який під дією електричного поля починає випромінювати вільні електрони (електронна емісія). В дуговому проміжку виникають позитивно та негативно заряджені частинки; це процес утворення іонів – іонізація. Чим вищий ступінь іонізації (відношення кількості заряджених частинок в даному об'ємі газу до загальної кількості частинок до іонізації), тим стійкіше горить дуга. Для іонізації газу в дуговому проміжку необхідно витратити енергію, рівну потенціалу іонізації.

Температура зварювальної дуги коливається від 5000 до 12000 К та залежить від складу її газового середовища, матеріалу та діаметру електроду, щільності струму.

Зварювальна дуга характеризується виділенням великої кількості тепла, яке розплавляє основний та електродний метал, покриття електроду. Металічний стержень електроду, що розплавляється у

вигляді окремих крапель, захищених шлаком, переходить до зварювальної ванни, де змішується з розплавленим металом виробу, а розплавлений шлак спливає на поверхню.

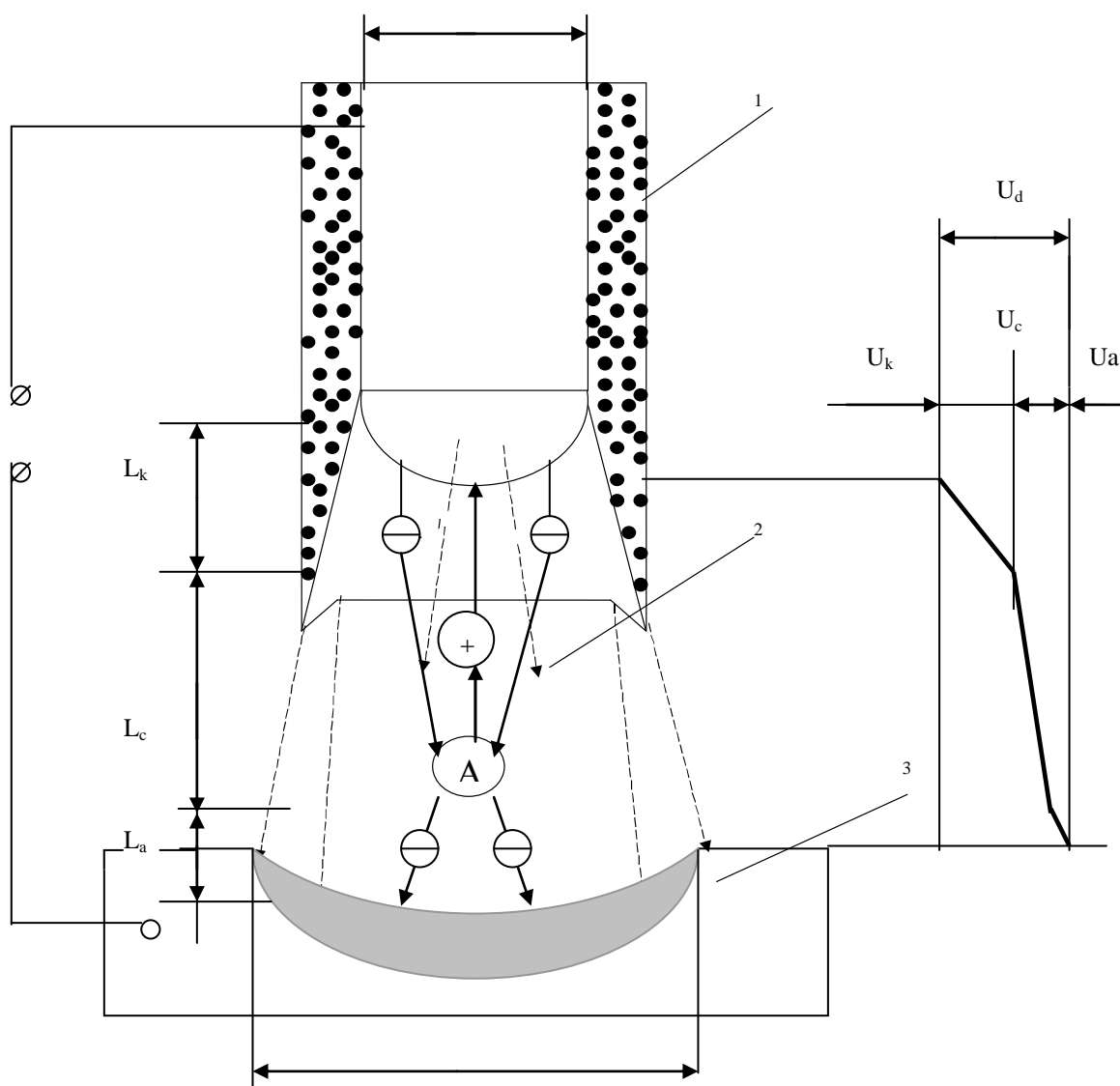


Рисунок .4.1 – Схема зварювальної дуги та розподілу напруги в дузі:  
 1 – електрод; 2 – електрична дуга; 3 – метал що зварюється;  $d_k$ ,  $d_a$ ,  $L_c$ ,  $L_k$ ,  $L_a$ ,  
 $U_c$ ,  $U_a$ ,  $U_d$  – діаметри, довжини та падіння напруги відповідно катодної та  
 анодних областей та стовпа дуги.

Кількість тепла, введене зварювальною дугою у виріб в процесі його нагріву за одиницю часу (ефективна теплова потужність зварювальної дуги), являється сумою теплової енергії, що виділяється в плямі дуги, що вводиться у виріб при теплообміні зі стовпом та плямою на виробі, та тією, що надходить з краплями розплавле-



ного електронного металу та покриття. ефективна теплова потужність зварювальної дуги, Дж/с, визначається за формулою:

$$Q = I_{зв} \cdot U_{\partial} \cdot \eta_u, \quad (4.1)$$

де  $I_{зв}$  - зварювальний струм, А;  $U_{\partial}$  - напруга дуги, В;  $\eta_u$  - ефективний ККД процесу нагріву металу зварювальною дугою.

Відстань між кінцем електроду та поверхнею зварювальної ванни на виробі називають довжиною дуги  $L_{\partial}$ . Вона дорівнює сумі довжин катодної та анодної областей та стовпа дуги. Довжина катодної області  $L_k$  дуже мала та дорівнює довжині вільного пробігу електрону ( $10^{-5}$  см), анодна область  $L_a$  має не набагато більшу протяжність ( $10^{-3}$ - $10^{-4}$  см). Таким чином, довжина дуги дорівнює довжині її стовпа. Напруга дуги визначається падінням напруги в її областях за формулою:

$$U_{\partial} = U_k + U_a + U_c, \quad (4.2)$$

де  $U_k$ ,  $U_a$ ,  $U_c$  – падіння напруги відповідно в катодній, анодній областях і стовпі дуги.

Катодне падіння напруги складає 8-14, анодне 2-6 В. Падіння напруги в стовпі дуги залежить від його довжини і градієнта потенціалу, який дорівнює 2-3 В/мм. Залежність напруги у зварювальній дузі від її довжини і величини зварювального струму називається вольт-амперною характеристикою дуги, яка наведена на рис. 4.2. При малих (область I – падаюча характеристика) і великих струмах (область III – зростаюча характеристика) напруга на дузі залежить від величини зварювального струму. У діапазонах зварювального струму 80-800 А (область II – жорстка характеристика), що має місце при ручному дуговому зварюванні покритими електродами, напруга на дузі практично не змінюється зі збільшенням зварювального струму.

Стійке горіння дуги і стабільність режиму зварювання залежить як від фізичних умов існування дугового розряду, так і від властивостей і параметрів її джерела живлення.

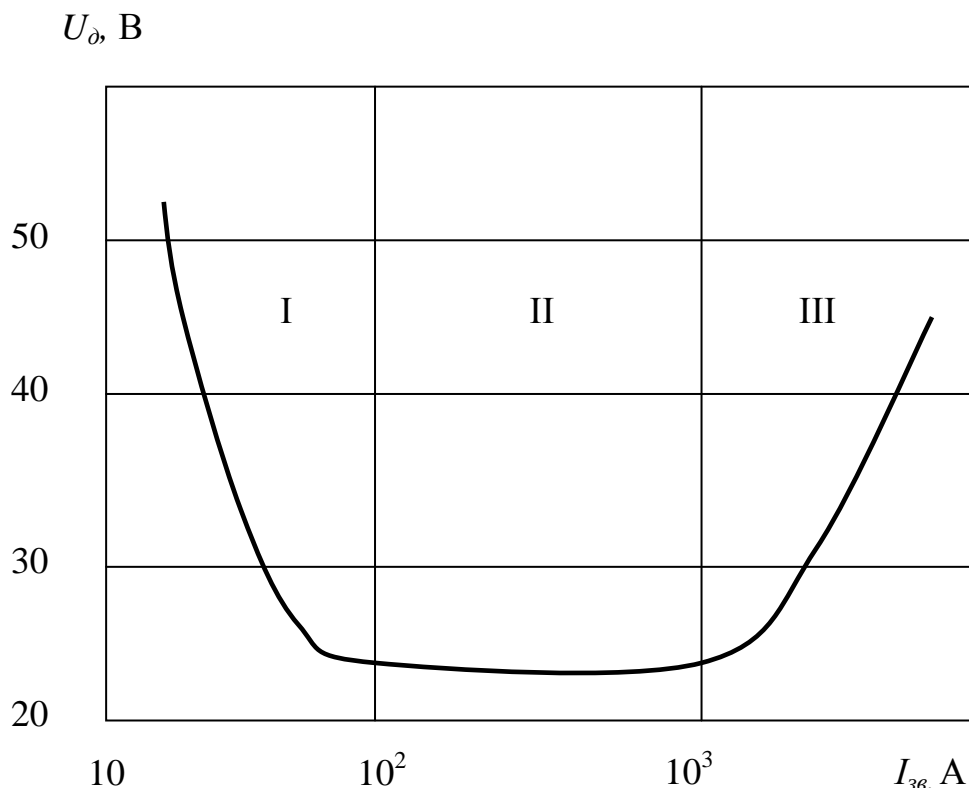


Рисунок. 4.2 - Статична вольт-амперна характеристика дуги

Електрична дуга постійного струму може мати пряму (мінус на електроді) і обернену (плюс на електроді) полярності.

При живленні дуги від джерела змінного струму дуга гасне і знову запалюється один раз на пртязі кожного напівперіоду. Під час цих перерв зменшується ступінь іонізації дугового проміжку, що відповідно понижує стійкість дуги. Переваги дуги змінного струму: відносна простота і менша вартість обладнання, відсутність магнітного дугтя. Для підвищення стійкості дуги змінного струму можна використовувати підвищену напругу запалювання (в порівнянні з постійним струмом), вводити в покриття електродів елементи з низьким потенціалом іонізації, вмикати в зварювальний ланцюг індуктивний опір для зміщення нульового значення струму відносно нульового значення напруги.

Запалювати дугу можна двома способами (рис. 4.3): торканням і чирканням. При першому способі електрод наближують вертикально до поверхні виробу торкаючись до металу і швидко відводять догори на необхідну довжину дуги.

При другому способі електродом ковзають (“чиркають”) по поверхні металу з невеликою амплітудою коливань.

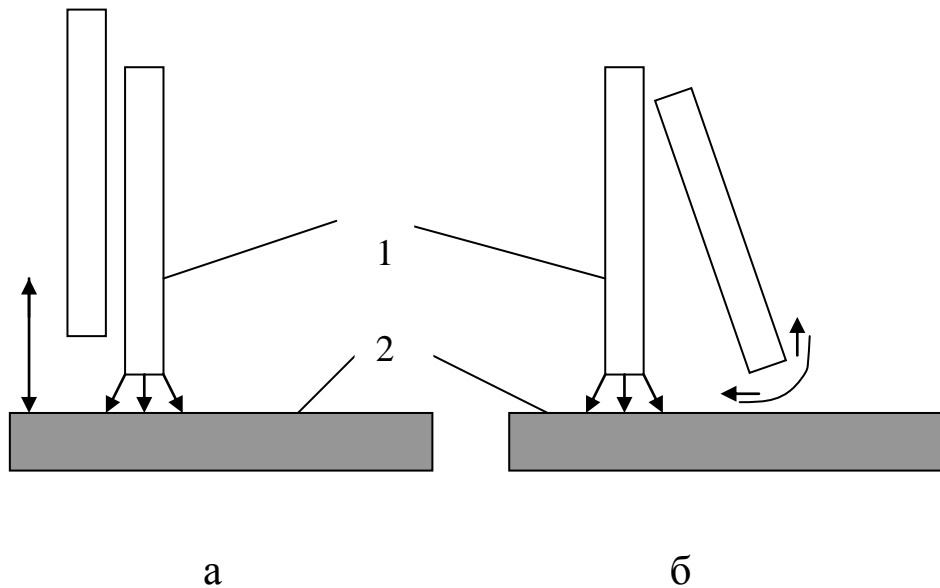


Рисунок 4.3 – Схема запалювання дуги: а - прямим торканням; б - “чирканням”

В обох випадках торець електроду стикається з виробом та відбувається коротке замикання кола. В точках контакту (зіткнення відбувається в окремих точках, так як торець електроду має нерівну поверхню) щільність струму сягає доволі великих величин, а відповідно, в них виділяється велика кількість тепла, під дією якого в цих точках метал миттєво розплавляється. При відводі електроду від виробу зона розплавленого металу – рідкий місток – розтягується, перетин зменшується, а температура металу збільшується. При подальшому відводі електроду від виробу рідкий місток розривається, відбувається швидке випарювання (вибух металу). В цей момент розрядний проміжок заповнюється нагрітим іонізованими частинками парів металу, електродного покриття, повітря та виникає зварювальна дуга.

Процес виникнення дуги триває всього долі секунди.

Велику роль в забезпеченні провідності дугового проміжку грає потік електронів, емісійованих катодом в результаті термо- та автоелектронної емісії, а також при бомбардуванні катода рухомими частинками.

Іонізація газів в дуговому проміжку в початковий момент виникає в результаті термоелектронної емісії з поверхні катода при різкому перегріві і розплавленні електродного металу та покриття. Збільшення щільності електронного потоку виникає за рахунок окислів, що утворились в поверхневих шарах флюсу або електродних покриттів, що знижують роботу виходу електронів. В момент розриву містка рідкого металу потенціал різко падає, що сприяє виникненню автоелектронної емісії. Падіння потенціалу дозволяє підвищити щільність струму емісії, накопичувати електронам кінетичну енергію для не пружних зіткнень з атомами металу та переводити їх в іонізований стан, збільшує тим самим число електронів, і, відповідно, провідність дугового проміжку. В результаті струм збільшується, а напруга спадає. Це відбувається до певної межі, а потім дуговий розряд стабілізується.

### **4.3 Обладнання, матеріали, інструмент**

Пост ручного дугового зварювання на постійному струмі.

Електродотримач.

Зварювальні електроди діаметром 3 – 4 мм.

Пластина металу товщиною 5 – 10 мм з маловуглецевої сталі.

Зубило, молоток, стальна щітка.

Прилад для закріплення пластини на столі.

Щиток зварника, слюсарні окуляри.

### **4.4 Порядок проведення заняття**

Перевірити правильність підключення джерела та електродотримача, наявність та правильність заземлення.

Встановити зварювальний струм на баластному реостаті із розрахунку допустимої щільності струму 45 – 50 А на 1 мм діаметра електродного стержня.

Закріпити пластину металу на столі, а електрод - в електродотримачі.

Освоїти техніку торкання та відриву електроду (без струму) від поверхні пластини на 2 – 4 мм.

Включити джерело живлення і, намітивши місце, де повинна бути запалена дуга, наблизити до нього кінець електрода на відстані до 10 мм.

Закривши лице щитком та попередивши оточуючих про початок зварювання, швидким рухом злегка доторкнутися пластини торцем електрода і одразу ж відвести електрод на 2 – 4 мм. Електрод можна підводити до пластини вертикально або під нахилом в  $10 - 15^\circ$  до вертикалі. Збільшення відстані між електродами та виробом більш ніж на 4 мм призводить до розриву дуги. Електрод потрібно відводити дуже швидко, бо він буде приварюватися (“примерзати”) до металу.

Запалену дугу підтримувати постійної довжини подачею електрода в дугу (в вертикальній площині) по мірі його розплавлення. У процесі зварювання необхідно також переміщати електрод в горизонтальній площині для утворення валика за довжиною. Ширина валика при цьому повинна бути  $(0,8 - 1,5) d_{\text{ел}}$ .

Освоїти техніку запалювання дуги методом торкання, запалювання дуки “чирканням”. Вибрати метод запалювання дуги. Завдання зараховується виконаним, якщо студент збуджує дугу протягом 1-3 коротких замикань електродом об виріб та підтримує її стабільне горіння до розплавлення половини довжини електрода. Зміну електрода в електродотримачі виконувати при довжині огарку не більш 40-50 мм.

## Питання для самоперевірки

1. Що називається зварювальною дугою? Назвіть її основні ділянки.
2. В результаті яких явищ відбувається іонізація повітряного проміжку між електродом і виробом?
3. Назвіть способи запалювання дуги.
4. Охарактеризуйте процеси, що відбуваються в момент збудження дуги.
5. Які рухи необхідно здійснювати кінцем електрода для підтримки стабільного горіння дуги та формування вузького валика?
6. Що таке довжина дуги і від яких факторів вона залежить? Як впливає довжина дуги на стабільність її горіння?

7. Що таке статична характеристика дуги?
8. Як назначити величину зварювального струму по діаметру застосовуваного електрода?
9. Охарактеризуйте призначення зварювального електрода.

## Література

[1, с.17 – 20; 2, с.32 – 34 ].

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №5

### ТЕХНІКА ФОРМУВАННЯ ЗВАРНИХ ШВІВ

#### 5.1 Мета заняття

Освоїти методику вибору режиму зварювання і техніку формування вузьких та розширених валиків, рівномірної ширини і висоти.

#### 5.2 Короткі відомості

На якість та розміри зварного шва (рис. 5.1) при його формуванні здійснюють вплив як техніка маніпулювання електродом, так і правильно назначений режим зварювання.

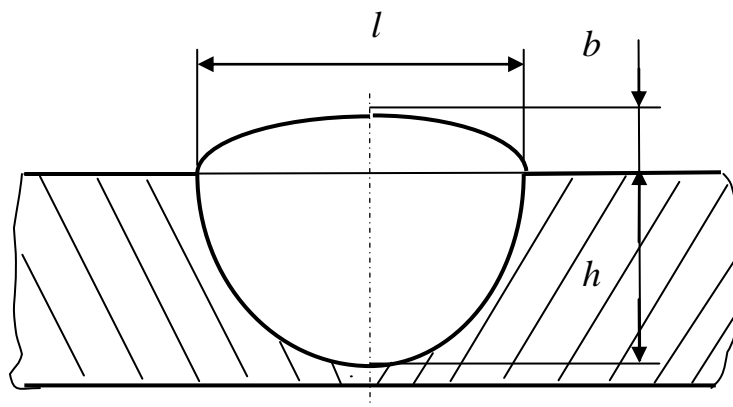


Рисунок 5.1 – Розміри зварного шва:  $l$ -ширина шва,  $b$  – висота посилення шва,  $h$  – глибина проплавлення металу

У процесі зварювання зварник виконує електродом рухи (рис. 5.2):

– поступальне по осі електрода для підтримки необхідної довжини дуги  $L_d$ , яка повинна бути в межах  $L_d = (0,8 - 1,4) d_{ел}$ , де  $d_{ел}$  - діаметр електрода, мм;

– коливання кінцем електроду поперек шва для утворення розширеного валика.

При русі кінця електроду без поперечних коливань при зварюванні утворюється вузький валик (нитковий шов), ширина якого приблизно  $(1,0 - 1,5) d_{ел}$ . При правильно вибраних діаметрі електроду та силі зварювального струму швидкість переміщення дуги уздовж шва має більше значення для якісного формування шва; при підвищеній швидкості дуга проплавляє на малу глибину і можливий непровар металу, при малій швидкості внаслідок надзвичайно великого вводу теплоти в основному металі утворюється пропал і розплавлений метал витікає із зварювальної ванни. Правильно обрана швидкість подовжнього руху електроду вздовж осі шва дозволяє отримати його ширину на 2 – 3 мм більше, ніж діаметр електроду.

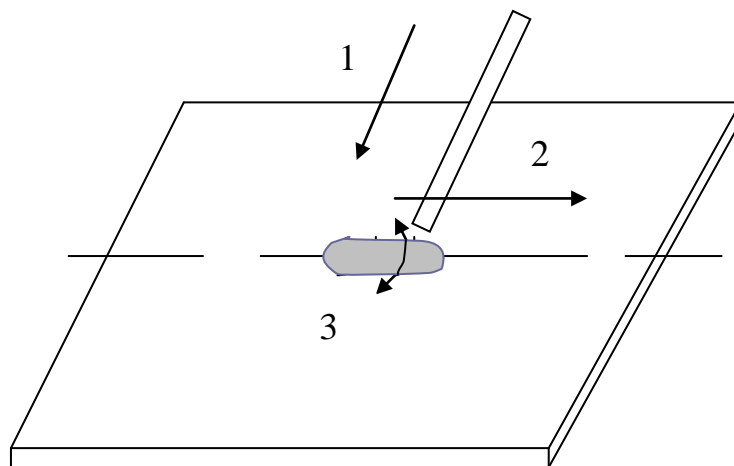


Рисунок 5.2 – Направлення руху електрода при зварюванні: 1 – по осі електрода в дугу; 2 – вздовж осі шва; 3 – поперек шва

Для отримання необхідних глибини проплавлення основного металу та ширини шва зварник повинен виконувати різного виду поперечні коливання електроду з постійною частотою та ампліту-

дою відносно осі шва (рис. 5.3), сполучені з подовжнім рухом вздовж осі шва і осі електроду.

Траєкторія руху кінця електроду залежить від навичок зварника, розмежуванні (обробки) кромки та просторовому положенні зварювання.

Однакова ширина валика досягається симетричними поперечними коливаннями відносно його осі. Ширина валика з поперечними коливаннями повинна бути не більш  $(2 - 4) d_{\text{ел}}$ .

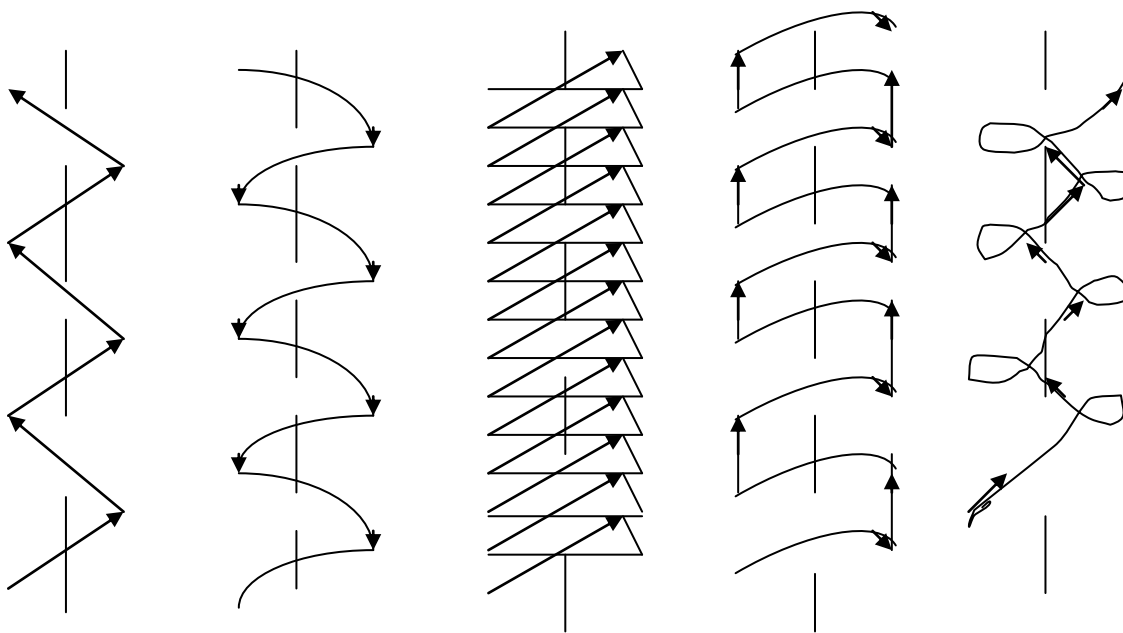


Рисунок 5.3 – Траєкторії руху кінця електроду при наплавленні розширених валиків: а - при зварюванні середніх товщин; б - при зварюванні великих товщин

Велике значення на розміри шва та глибину проплавлення металу має положення електроду відносно поверхні виробу. Зазвичай зварювання виконують вертикальним електродом або при його нахилі відносно напрямку формування шва (рис. 5.4.).

При зварюванні кутом назад забезпечується більш глибокий провар і менша ширина шва, так як дуга відтісняє метал, зменшується товщина рідкого прошарку, що покращує умови теплопередачі від дуги до основного металу, та зростає глибина проплавлення. Те саме спостерігається при зварюванні шва на підйом.



При швидкому обриві дуги в кінці шва утворюється заглиблення – кратер шва, що являє собою зону з найбільшою кількістю шкідливих домішок, схильну до зародження тріщин.

Для запобігання утворення кратера не слід різко обривати дугу та відводити електрод від виробу. Необхідно зупинити переміщення вздовж шва та поперечні, а потім повільно подовжувати дугу до її природного обриву. При зміні електродів або випадковому обриві дуги її збуджують на ще розплавленому металі перед кратером а потім заплавляють кратер.

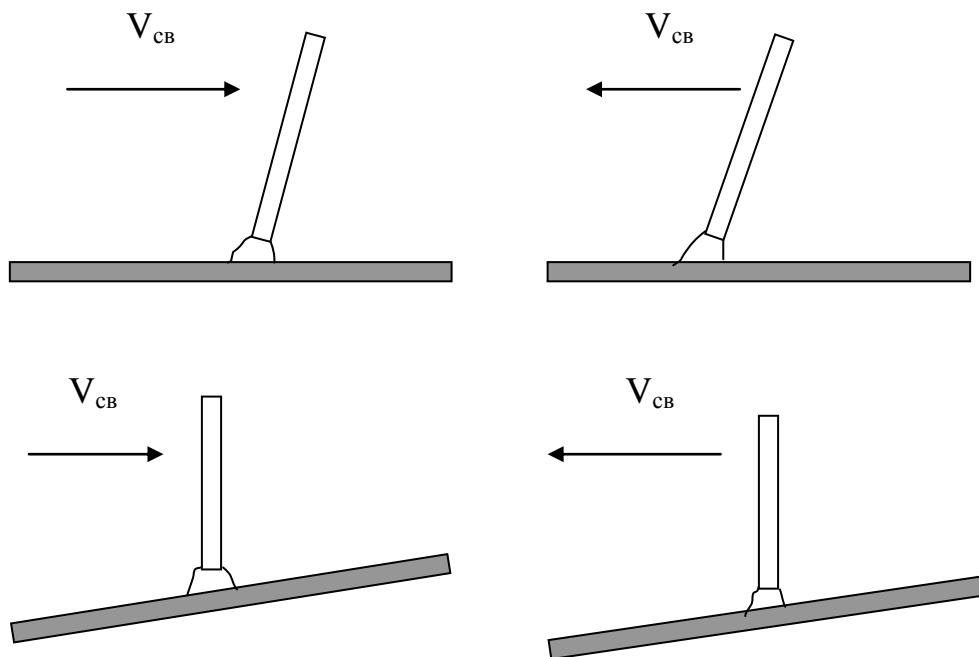


Рисунок 5.4 – Способи виконання зварювання

Режим зварювання – це сукупність параметрів процесу зварювання, що забезпечують отримання швів заданих розмірів, форми та якості. Параметри режиму зварювання підрозділяються на основні та допоміжні.

До основних параметрів режиму ручного дугового зварювання відносяться діаметр електроду, сила зварювального струму, рід та полярність струму та ін. Діаметр електроду назначають в залежності від товщини металу що зварюється, тобто стикових з'єднань (табл. 5.1) або катету зварного шва (табл. 5.2).

Таблиця 5.1 - Вибір діаметру електрода при зварюванні стикових швів

Товщина металу, мм	3	3-4	5-10	10
Рекомендований діаметр електрода, мм	3	3-4	5	5

Таблиця 5.2 - Вибір діаметра електрода при зварюванні кутових швів

Катет шва, мм	3	4	5	6-8
Рекомендований діаметр електрода, мм	2,5-3,0	3-4	4	4-5

Величину зварювального струму з достатньою ступеню точності можна визначити за формулою:

$$I_{зв} = \kappa d_{ел} \quad (5.1)$$

де  $I_{зв}$  – зварювальний струм, А;  $\kappa$  – коефіцієнт;  $\kappa = 35 - 40$  А/мм – для високолегованих сталей та діаметрів електрода до 4 мм;  $\kappa = 45 - 50$  А/мм – для вуглецевих сталей та діаметрів електрода більше 4 мм;  $d_{ел}$  – діаметр електрода, мм.

Залежність між діаметром електрода та величиною зварювального струму виражають наступною формулою:

$$I_{зв} = (m + nd_{ел})d_{ел}, \quad (5.2)$$

де  $m = 20$  та  $n = 6$  – коефіцієнти при зварюванні сталевими електродами.

Глибина провару і ширина шва залежать від основних параметрів режиму зварювання.

Збільшення зварювального струму при постійній швидкості зварювання викликає збільшення глибини провару.

При збільшенні напруги дуги збільшується ширина шва, глибина проплавлення практично не змінюється.

При зварюванні постійним струмом оберненої полярності глибина провару на 40 – 50% більше, ніж при прямій полярності.

При зварюванні змінним струмом глибина провару на 15 – 20% менше, ніж при зварюванні постійним струмом оберненої полярності.

### 5.3 Обладнання, матеріали, інструменти

Пост ручного дугового зварювання на постійному струмі:

- електродотримач;
- електроди зварювальні діаметром 3 та 4 мм;
- пластини металу товщиною 5 – 10 мм з маловуглецевої сталі;
- прилад для закріплення пластини на столі;
- щиток зварника, слюсарні окуляри;
- зубило, молоток, стальна щітка, клейма;
- шаблони і металічна лінійка.

### 5.4 Порядок проведення заняття

Обрати діаметр електрода та визначити величину зварювального струму.

Освоїти техніку виконання вузького (ниткового) валика електродами діаметром 3 і 4 мм.

Відпрацювати техніку виконання розширеного валика, здійснюючи кінцем електроду поперечні коливання поперек шва.

Критерії оцінювання якісного формування валика(табл. 5.3):

- глибина проплавлення основного металу;
- стабільність розмірів наплавлених валиків по довжині і ширині.

Освоїти техніку та придбати навички зварювання кратерів.

Виконати контрольні вузький та розширений валики довжиною 100-150 мм, зачистити їх від шлаку, заклеювати та представити викладачу для заліку.

Таблиця 5.3 - Розміри зварних швів

Тип валика	Глибина проплавлення металу, мм	Ширина шва при $d_{ел}$ , мм		Висота зусилля валик при $d_{ел}$ , мм	
		3	4	3	4
Вузький	1/3 товщини металу	3-5	4-6	2-3	3-4
Розширений	1/3 товщини металу	10-12	12-16	1-2	2-3

## Питання для самоперевірки

1. Назвіть основні розміри зварного шва.
2. Назвіть основні параметр режиму зварювання.
3. Дайте характеристику рухів, які необхідно здійснювати при формуванні зварного валика.
4. Які рухи кінцем електроду повинен здійснювати зварник при виконанні вузьких валиків?
5. Які рухи повинен здійснювати зварник при виконанні розширених валиків?
6. Як впливає кут нахилу електроду на формування та розміри зварного шва?
7. Як обирається діаметр електроду?
8. Як визначається величина зварювального струму?
9. Як впливає зварювальний струм на розміри шва?
10. Які параметри режиму зварювання сприяють зміни шва і висоти його посилення?

## Література:

[1, с.20 – 22; 2, с. 104 – 108 ].

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №6

### ТЕХНОЛОГІЯ І ТЕХНІКА ЗВАРЮВАННЯ СТИКОВИХ І КУТОВИХ З'ЄДНАНЬ ПОКРИТИМИ ЕЛЕКТРОДАМИ

#### 6.1 Мета заняття

Вивчити основні елементи підготовки кромки під зварювання та їх вплив на формування зварних швів.

Освоїти техніку виконання стикового двостороннього шва з V-образною розмежованістю(обробкою) кромки на пластинах з малоуглецевої сталі.

Дослідити особливості зварювання чавуну та кольорових сплавів, освоїти техніку їхнього зварювання.

## 6.2 Короткі відомості

### 6.2.1. Підготовка кромки і стику під зварювання

Технологічний процес (сукупність способів, дій та режимів) виготовлення зварної конструкції включає в себе наступні операції: обробку кромки, підготовку поверхні зварювальних деталей, зборку, прихватку, зварювання, правку, зачистку швів від шлаку та бризок, контроль якості швів.

Конструктивні елементи підготовки кромки під зварювання вибирають в залежності від товщини металу, що зварюється, типу зварювального шва, застосованого способу зварювання. Елементами геометричної форми підготовки кромки під зварювання являються (рис.6.1): кут розкриття кромки  $\alpha^{\circ}$ , зазор між кромками деталей  $a$ , притуплення  $p$ , зміщення кромки відносно одна одної,  $\delta$ .

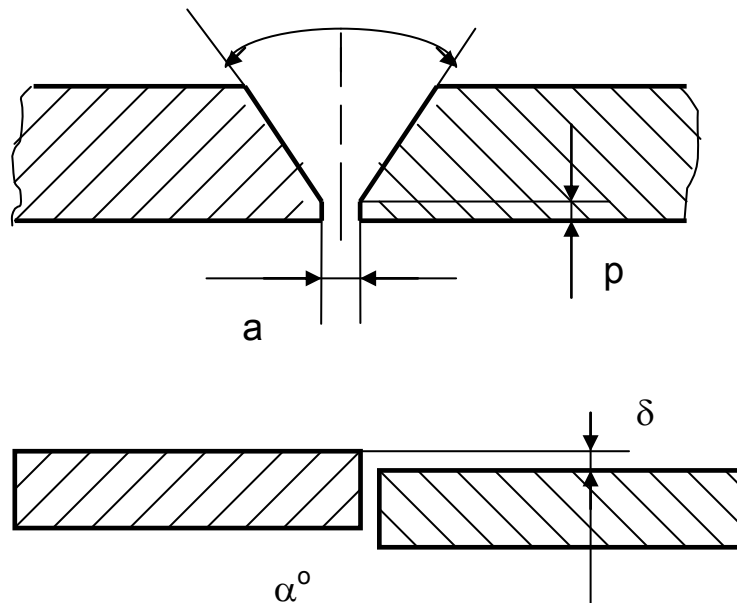


Рисунок 6.1 – Елементи геометричної форми підготовки кромки під зварювання

Оброблення кромки виконується при товщині металу понад 3 мм, коли її відсутність може призвести до непровару металу, що зварюється.

Кут розкриття забезпечує доступ у глибину з'єднання і повне проплавлення кромки на всю товщину.

Зазор між кромками необхідний для провару кореня шва.

Плавний перехід від товстої деталі до більш тонкої сприяє усуненню концентраторів напруги у зварювальній конструкції.

Притуплення кромки виконується для забезпечення стійкого ведення процесу зварювання при виконанні кореневого шва, що виключає утворення пропалів. Зміщення кромки погіршує міцність зварного з'єднання, сприяє утворенню непроварів і концентрації напруг. При ручному дуговому зварюванні типи і розміри зварних швів визначаються по ГОСТ 5264.

Характер підготовки поверхні деталей залежить від типу металу, що зварюється і стану його поверхні. Іржа, окалина, волога і забруднення, що знаходяться на поверхні зварюваних кромки сприяють утворенню пор, тріщин, шлакових включень при зварюванні. Вони повинні бути видалені механічним або хімічним способом.

Неправильне складання під зварювання призводить до зниження якості зварного з'єднання: відсутність зазору викликає непровар, великий зазор призводить до пропалу. Фіксація зібраних деталей може здійснюватись на прихватках (коротких швах довжиною 10-25 мм). При визначенні розмірів і місць розташування прихваток необхідно враховувати їх вплив на якість виконання зварного з'єднання: у місці прихватки зварювані кромки повинні бути проварені, висота прихватки не повинна перевищувати 1/3 товщини зварюваних елементів, при виконанні основних швів прихватки повинні бути переварені. Прихватки рекомендується накладати зі сторони, оберненої до накладання основного шва. Порушення режиму зварювання і послідовності виконання швів обумовлює зниження якості зварного з'єднання.

### **6.2.2. Особливості виконання стикових швів з V – образною обробкою кромки**

Зварювання стикових з'єднань виконують з однієї або двох сторін. Для боротьби з пропалами застосовують сталеві підкладки, що залишаються, або мідні підкладки, які знімаються. Стикові з'єднання з V – образною обробкою кромки виконують у два або бі-

льше шарів. При зварюванні першого шару використовують електроди діаметром 3 або 4 мм. Електроди більшого діаметра не забезпечують надійний провар кореня шва. Перед накладанням наступного шару поверхню попереднього треба зачистити від шлаку і бризок. Утворення шва закінчують наплавленням підсилення висотою 2-3 мм над поверхнею основного металу.

### 6.2.3. Особливості виконання кутових швів

Кутові, таврові та внапустку зварні з'єднання виконують з допомогою одношарових або багатшарових кутових швів (одношарові застосовують для швів з катетом до 10 мм). При виконанні кутових швів для виключення непроварів кута і подрізів зварюваних кромок зварювання треба вести в положенні “в лодочку”, в кут, або з оплавленням верхньої кромки (рис. 6.2.).

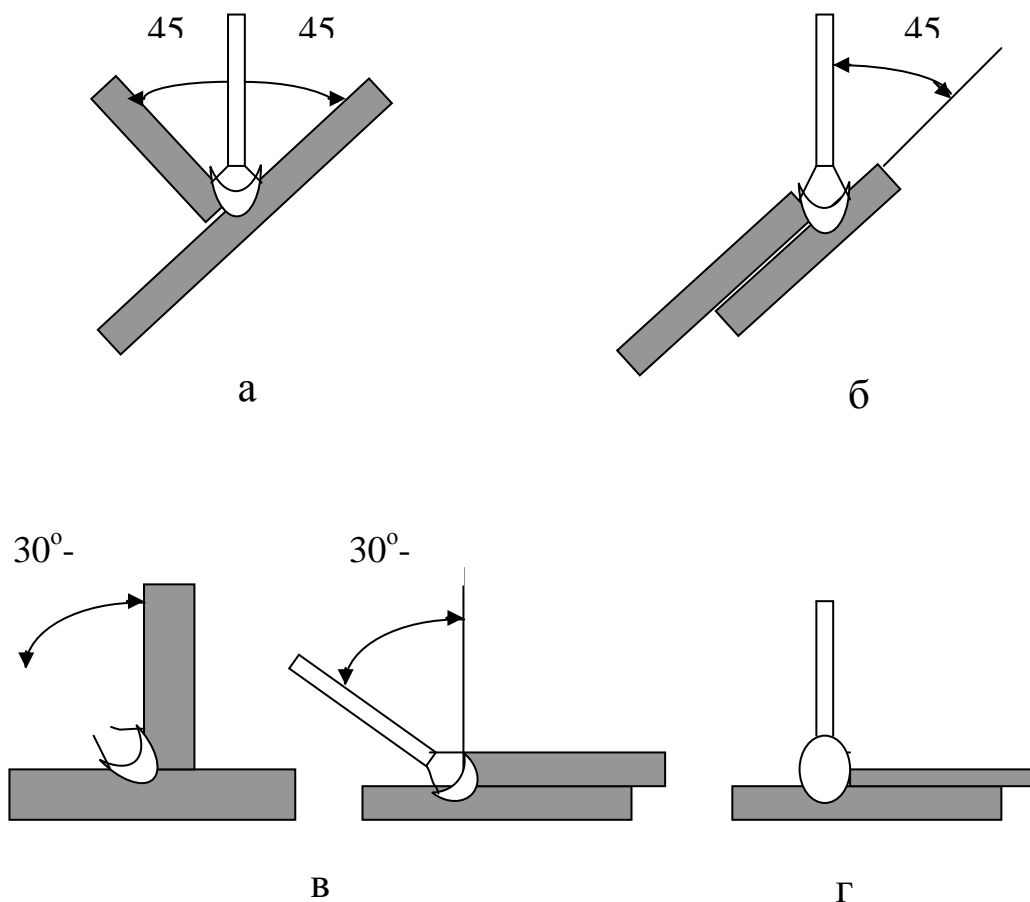


Рисунок 6.2 - Способи зварювання кутових швів: а, б – в симетричну лодочку; в – зварювання в кут; г – зварювання з оплавленням кромок

Зварювання, як правило, ведуть на вазі, місця з збільшеним зазором звичайно підварюють швидким швом. Кут нахилу електрода поперек шва складає  $20^{\circ}$ - $30^{\circ}$  до вертикалі. Короткі шви (довжиною до 250 мм) зварюють на прохід від початку до кінця (рис. 6.3, а), середні (довжиною 250-1000 мм) ділянками від середини до кінців (рис. 6.3, б), або обернено ступінчастим способом (рис. 6.3, в), довгі (довжиною більше 1000 мм) у розбивку, обернено ступінчастим способом від середини до кінців (рис. 6.3, г).

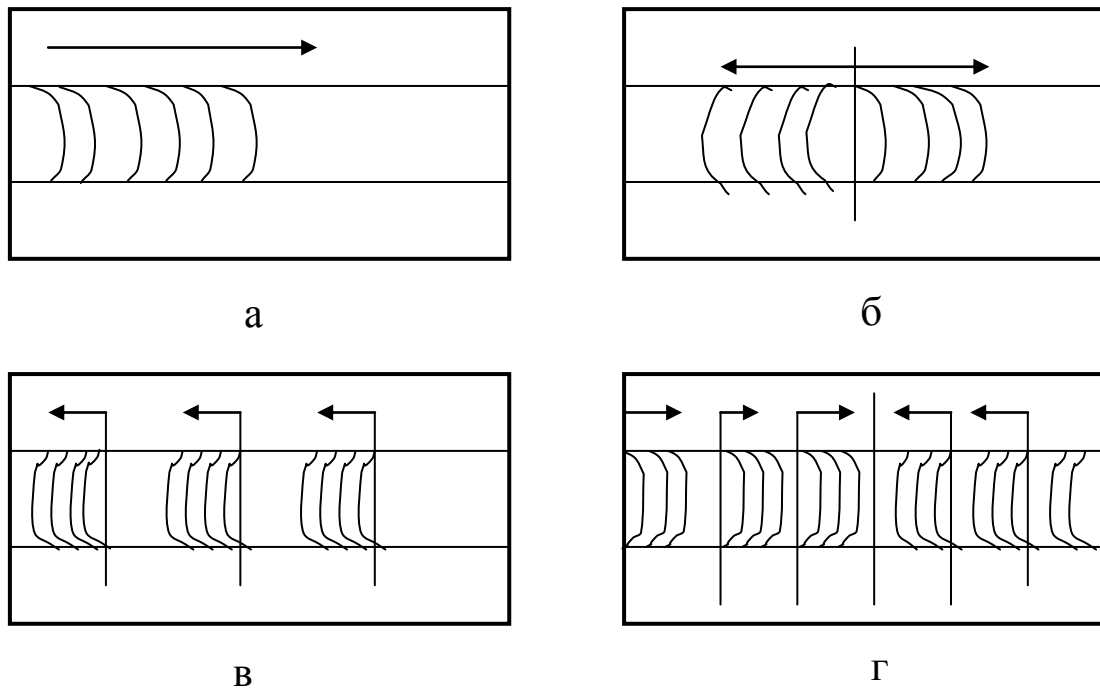


Рисунок 6.3 – Схеми швів різної довжини: а – на прохід; б – від середини до кінців; в, г – обернено ступінчасті способи

Багатошарові шви на металі великої товщини рекомендується зварювати методом “гірки” (рис. 6.4, а) або каскадним методом (рис. 6.4, б).

Чавун відноситься до матеріалів, які погано зварюються так як при нагріві з різким охолодженням чавунного виробу утворюється відбілена крихка структура, в результаті чого можуть утворюватися тріщини. Буває холодне (без підігріву) і гаряче зварювання чавуну.

Холодне зварювання чавуну здійснюють електродами, стержень яких виготовлено із маловуглецевої сталі або із кольорових металів (мідь, нікель).



Гаряче зварювання чавуну здійснюють чавунними електродами з підігрівом деталі до температури 300-700° С і наступним повільним охолодженням. Повільне охолодження забезпечують покриттям деталі азбестом, піском або охолодженням у пічі.

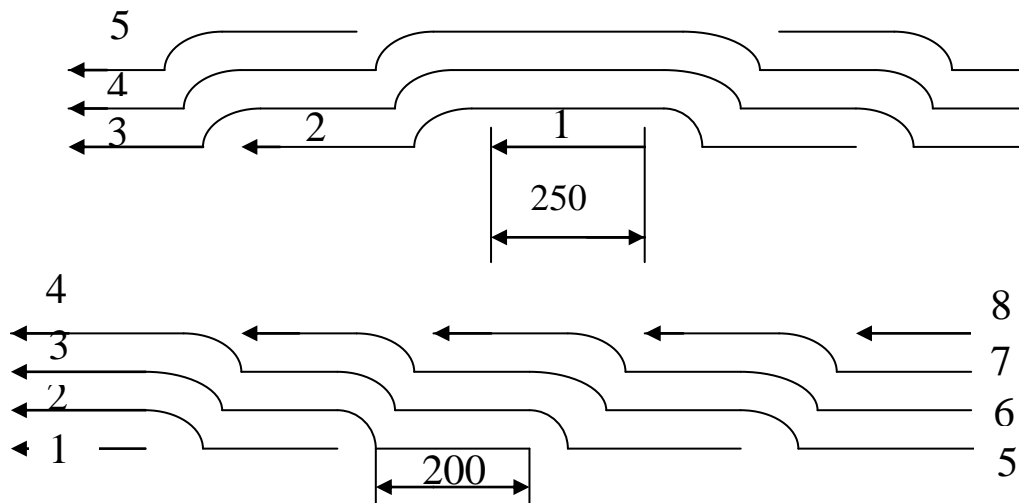


Рисунок 6. 4 – Схеми зварювання довгих багатошарових швів: а – “гірка”; б – “каскад”; 1-8 – послідовність зварювання

#### 6.2.4. Особливості зварювання чавунних виробів

Техніка холодного зварювання корінним чином відрізняється від техніки гарячого зварювання чавуну. Відмінність полягає у тому, що крім відсутності попереднього підігріву холодне зварювання чавуну здійснюють на мінімальній погонній енергії, що вводиться в чавунну деталь. Для цього застосовують електроди діаметром не більше 3-5 мм із зменшенням величини зварювального струму на 10 %, зварювальний шов накладають валиками довжиною до 20 мм, по чергово розміщеними в різних зонах кромки, що зварюються і наступним їх охолодженням до температури не більше 100°, поверх шва накладають відпалюючий валок.

Гаряче зварювання чавунних деталей здійснюють електродами великих діаметрів (від 5 до 14 мм) і на підвищеному на 10-15 % зварювальному струмі. При гарячому зварюванні треба застосовувати додаткові заходи для зменшення зварювальних напруг, що виникають в результаті зварювання.

Розробку кромок чавунних деталей як для холодного так і для гарячого зварювання треба виконувати таким чином, щоб об'єм наплавки був якомога меншим.

Крім холодного і гарячого зварювання розроблені і спеціальні способи зварювання чавуну: із стальними шпильками, по облицювальному шару і інші.

### **6.3 Обладнання, матеріали, інструменти**

Пост ручного дугового зварювання на постійному струмі.

Електродотримач.

Електроди зварювальні діаметром 3 і 4 мм.

Пластина металу товщиною 8-12 мм із маловуглецевої сталі з V – образною обробкою кромок.

Чавунна відливка з тріщиною.

Мідні і алюмінієві пластини товщиною 4-5 мм.

Пристрій для збирання стикового і кутового з'єднання.

Щиток зварника, слюсарні окуляри.

Зубило, молоток, стальна щітка, клейма, лінійка.

### **6.4 Порядок проведення заняття**

Перевірити якість підготовки кромок до зварювання: стабільність кута скошу і притуплення кромки по всій довжині пластини (відхилення кута  $\pm 3^\circ$ , притуплення  $\pm 1$  мм), чистоту поверхні кромок на ширині 20-25 мм з двох сторін пластини.

Зібрати стик на мідній підкладці у пристрої, при забезпеченні зазору 2 мм по його довжині, зафіксувати прижимами або прихватками через 50-100 мм із сторони, оберненої до оброблення кромок.

Прихватки виконувати електродами діаметром 3 мм. Ретельно зачистити прихватки і перевірити відсутність в них тріщин.

Виконати зварювання кореня шва із сторони розробки вузьким валком. Діаметр електрода – 3 мм. Дугу збуджувати на краю скошу кромок, а потім, перемістити її в нижню частину скошу, провести сплавлення кромок, що зварюються, ретельно стежачи за проплавленням притуплення.

Перед накладанням наступних шарів поверхню попередніх треба зачистити від шлаку і бризок. Наступні шари виконувати з поперечними коливаннями кінця електрода діаметром 4-5 мм.

Після виконання шва із сторони розробки кромки і надання йому необхідного підсилення (1-2 мм з плавним переходом до основного металу) виріб перевернути, вирубати зубилом канавку в корені шва шириною 5-6 мм і глибиною 2-3 мм, яку потім заварити контрольним швом з невеликим підсиленням (0,5-1 мм).

Виконане стикове з'єднання зачистити, відрихтувати і представити викладачу.

Провести заварку тріщини на чавунній відливці.

### **Питання для самоперевірки**

1. Як класифікуються шви зварювальних з'єднань ?
2. Для чого здійснюється розробка кромки ?
3. Для чого при збиранні забезпечують зазор у стику ?
4. Правило постановки прихваток ?
5. Які умови необхідні для отримання якісного зварного шва ?
6. Як зварюються шви різної довжини ?
7. Як зварюються шви на металі великої товщини ?
8. Переваги і недоліки одношарових швів.
9. Причини утворення непроварів кореня шва. Як усунути непровар ?
10. Причини утворення пор у зварювальному шві ?
11. Особливості зварювання чавуну.

### **Література:**

[1, с. 22-25, с. 222-223; 2, с. 183-207]

## **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №7**

### **ТЕХНІКА ЗВАРЮВАННЯ В РІЗНИХ ПРОСТОРОВИХ ПОЛОЖЕННЯХ**

#### **7.1 Мета заняття**

Вивчити особливості техніки і технології ручного дугового зварювання покритими електродами швів у стельовому, вертикальному і горизонтальному положеннях.

Надбати навички зварювання вертикальних і горизонтальних швів. Засвоїти зварювання кільцевих стиків труб у поворотному і неповоротному положеннях.

#### **7.2 Короткі відомості**

Важливим достоїнством ручного дугового зварювання покритими електродами є можливість виконання швів у різних просторових положеннях.

Зварювання у положеннях, відмінних від нижнього, потребує підвищеної кваліфікації зварника у зв'язку з можливим під дією сил тяжіння витіканням розплавленого металу із зварювальної ванни. Для попередження цього зварювання необхідно виконувати якомога коротшою дугою з поперечними коливаннями, але ширина валиків обмежується до двох-трьох діаметрів електрода.

При зварюванні вертикальних швів (рис. 7.1, а) розплавлений метал під силою тяжіння намагається стікати вниз, що утруднює формування шва. Тому для якісного формування шва зменшують об'єм розплавленого металу за рахунок зменшення зварювального струму на 10-15 % у порівнянні із зварюванням у нижньому положенні, а діаметр електрода обмежують до 4-5 мм. На початку зварювання вертикального шва електрод становлять перпендикулярно поверхні виробу, а потім нахиляють вниз, щоб силою тиску газів перешкоджати стіканню металу. Зварювання ведуть знизу догори. При низькій текучості металу і високій кваліфікації зварника можливе направлення зварювання згори до низу (застосовується при зварюванні тонкого металу).

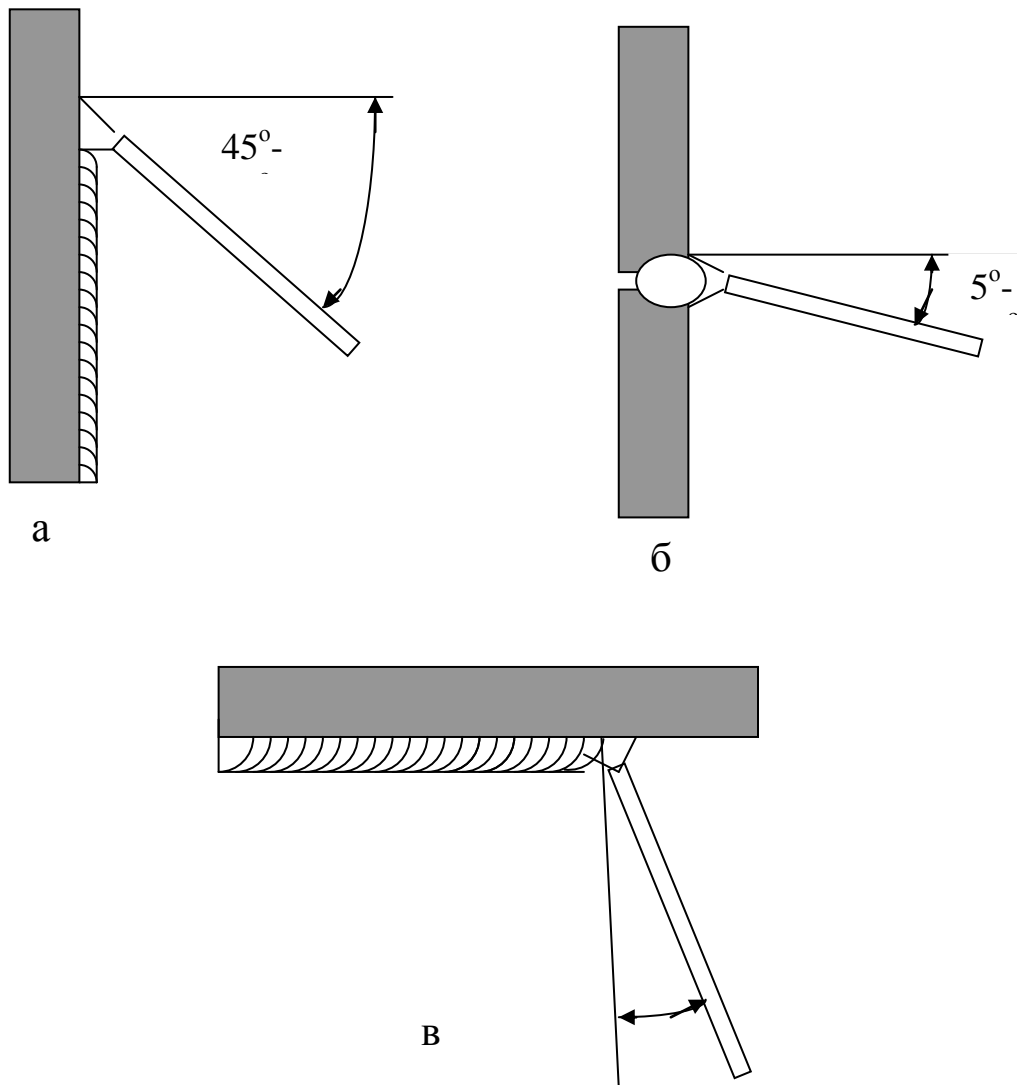


Рисунок 7.1 – Положення електрода при зварюванні швів: а – вертикальних; б – горизонтальних; в – стельових

Зварювання горизонтальних стикових швів (рис. 7.1, б) утруднена через стікання розплавленого металу із зварювальної ванни на нижню кромку, в результаті чого на верхній кромці можливе утворення підрізів. Для усунення стікання металу при зварюванні великих товщин скіс кромки роблять тільки у верхнього листа, шви виконують нитковими валиками. Зварювальний струм зменшують на 10-15 %. Техніка зварювання горизонтальних кутових швів не відрізняється від зварювання у нижньому положенні.

Зварювання у стельовому положенні (рис. 7.1, в) найбільш складне, так як сила тяжіння направлена протилежно переносу розплавленого металу.

Для якісного формування швів необхідно значно зменшити об'єм розплавленого металу, що досягається зменшенням діаметру

до 3 – 4 мм та зниженням зварювального струму на 15 – 20 % в порівнянні зі зварюванням в нижньому положенні. Зварювання виконують періодичними короткими замиканнями кінця електроду, під час яких метал зварювальної ванни частково кристалізується, що також зменшує її об'єм. При зварюванні стельових швів використовують електроди, що утворюють при плавленні невеликий шлак та велику кількість газів.

Зварювання труб, особливо малого діаметра, поєднане з деякими труднощами, так як розплавлений метал і шлак намагаються стікати по поверхні виробу та, крім того, при вертикально розташованому стику труб зварювання доводиться виконувати в різних просторових положеннях. У зв'язку з цим зварний шов намагаються виконувати з поворотом стику труб, у зручне для зварювання положення.

Підготовку кромки труб і їх обробку під зварювання виконують відповідно до вимог ГОСТ 16037. Для повного проплавлення стінок труб їх збирають з зазором. Зазор витримують постановкою між стиками труб відрізків проволочки діаметром, що відповідає потрібному зазору, і виконують прихватку.

Як при поворотному так і при неповоротному зварюванні стиків труб для зменшення напруг і деформацій шви накладають не безперервно, а в розбіг з різних сторін стику відрізками довжиною від 20 до 100 мм в залежності від діаметру труби. Зварювання першого шару шва (кореневого) виконують знизу догори електродом діаметром 3 мм. Після зачистки кореневого шва від шлаку аналогічно зварюють другий і наступні шари електродом діаметром 4 мм. Силу зварювального струму при зварюванні неповоротних стиків труб зменшують на 10-30 % в порівнянні зі зварюванням в нижньому положенні. Зварювання кореневого шва стиків труб без підкладного кільця виконують з поперечними коливаннями електрода, при чому в зазорі між кромками електрод слід переміщувати з більшою швидкістю, щоб не допустити пропалу. Якщо виникає зашлакування ванни, змінюють кут нахилу електрода або подовжують дугу. Якість зварного шва оцінюють по зовнішньому вигляду, звертаючи увагу на те, щоб не було підрізів у зоні сплавлення, шов був рівним, без пор, зашлаковок напливів і тріщин.

## 7.3 Обладнання, прилади, матеріали

Пост ручного дугового зварювання.

Електроди УОНИ-13/45 діаметром 3 мм.

Пластини з маловуглецевої сталі товщиною 5-8 мм з

V – образною розробкою кромки.

Зразки труб  $\varnothing$  38-56 мм.

Пристосування для встановлення зібраного стику в горизонтальне і вертикальне положення, повороту труб.

Щиток зварника, слюсарні окуляри.

Зубило, молоток, лінійка металева.

## 7.4. Порядок проведення заняття

Зібрати стик з V – образною підготовкою кромки, витримавши зазор 2 мм, прихватити в 3-4 місцях з оберненої сторони розробки.

Встановити зібраний стик для зварювання в вертикальне положення і засвоїти техніку формування вертикального шва:

- електрод розміщують перпендикулярно стику і дугу збуджують у нижній частині шва;

- після утворення ванночки розплавленого металу електрод відводять трохи догори і в сторону (дуга при цьому повинна бути направлена на основний метал);

- розплавлений метал при відводі електрода твердіє, утворюючи подібність полички, на яку і направляються наступні краплі;

- у процесі зварювання електрод треба нахилити під кутом  $45^{\circ}$ - $50^{\circ}$  до горизонту, довжина дуги повинна бути короткою (до 2 мм), кінцю електрода треба надати поперечних переміщень;

- витікання металу і забезпечення провару регулювати зміною швидкості зварювання і величини зварювального струму.

Розробку стику заповнити 1-2 валиками.

Зачистити зварний шов від шлаку, оглянути і дати оцінку якості його формування (рівномірність по висоті, ширині, відсутність подрізів, тріщин).

Зібрати стик із скосом однієї кромки, витримавши у стику зазор 2 мм, прихватити в 3-4 місцях із сторони, оберненої до розробки кромки.

Встановити зібраний стик для зварювання в горизонтальне положення (скіс кромки на верхньому листі) і засвоїти техніку формування горизонтальних швів:

- дугу збуджувати на нижній горизонтальній кромці електродом, що розташований під кутом  $5^{\circ}$ - $10^{\circ}$  вгору від горизонталі;
- дугу перемістити на скошену кромку, нахиливши електрод під кутом  $5^{\circ}$ - $10^{\circ}$  вниз до горизонталі;
- розробку шва заповнювати накладанням 2-3 ниткових валиків.

Зачистити зварний шов від шлаку, оглянути і оцінити якість формування шва (рівномірність по висоті і ширині, провар кромки, відсутність підрізів і т.п.).

Виконати зварювання неповоротного стику труб.

Виконати зварювання поворотного стику труб.

### **Питання для самоперевірки**

1. Для яких просторових положень швів можливо застосовувати ручне дугове зварювання покритими електродами ?
2. Як вибирається діаметр електрода для зварювання швів у різних просторових положеннях ?
3. Як визначається зварювальний струм для зварювання горизонтальних, вертикальних і стельових швів ?
4. Особливості формування швів у вертикальному, горизонтальному і стельовому положенні.
5. Як треба нахилити електрод при зварюванні вертикальних і горизонтальних швів ?
6. Як повинна змінюватись довжина дуги в залежності від просторового положення шва ?
7. Якими властивостями повинні володіти електроди для зварювання стельових швів ?
8. Чи можливе зварювання вертикальних, горизонтальних і стельових швів дугою змінного струму ?
9. Особливості зварювання труб.



## Література:

[1, с. 22-27].

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. – М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.
2. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Под ред. Б. Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1974. – 768 с.
3. ГОСТ 9466. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация, размеры и общие технические требования.
4. ГОСТ9467. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки. Основные типы.
5. ГОСТ 5264. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.9467. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки. Основные типы.
6. Юдин Е.Я. Охрана труда в машиностроении. – М.: Машиностроение. 1976.

## ЗМІСТ

С

Загальні положення.....	3
Практичне заняття № 1 Техніка безпеки протипожежні заходи при ручному дуговому зварюванні.....	4
Практичне заняття № 2. Підготовка основних і зварювальних матеріалів.....	7
Практичне заняття № 3. Дослідження обладнання поста ручного дугового зварювання.....	9
Практичне заняття № 4. Техніка збудження та підтримки горіння зварювальної дуги.....	15
Практичне заняття № 5. Техніка формування зварних швів.....	22
Практичне заняття № 6. Технологія і техніка зварювання стикових і кутових з'єднань покритими електродами.....	28
Практичне заняття № 7. Техніка зварювання в різних просторових положеннях.....	36
Список літератури.....	41

Навчальне видання

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до «Навчально-технологічної практики»  
для студентів напрямку підготовки «Зварювання»,  
освітньо-кваліфікаційний рівень – 6.050504 «Бакалавр»

Укладач: ЛУЗАН Сергій Олексійович

Відповідальний за випуск В.І. Мощенок

Редактор

План 2015, поз.

Підписано до дру-  
ку \_\_\_\_\_  
Умовн. друк. арк. 1.0.  
Замовлення  
№ \_\_\_\_\_

Формат 60×84 1/16  
Обл.. вид. Арк..  
Тираж 50 прим. Ціна договірна.

---

Видавництво ХНАДУ, 61002, м. Харків – МСП, вул. Петровського,  
25

---

Свідоцтво державного комітету інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України про внесення суб'єкта виробничої справи до державного реєстру видавців, виробників і розповсюджувачів видавничої продукції.

Серія ДК № 407 від 9.04.2001 р.

