

Міністерство освіти і науки України  
Дніпровський державний технічний університет

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання практичних робіт з дисципліни  
**”Ручне дугове зварювання”**  
для підготовки бакалаврів галузі знань 131 Прикладна механіка,  
спеціалізація – Технології та устаткування зварювання

Затверджено редакційно-видавничою  
секцією науково-методичної ради ДДТУ

"\_\_" \_\_\_\_ 2018р. протокол № \_\_\_\_

Кам'янське  
2018

Розповсюдження і тиражування без офіційного дозволу Дніпровського державного технічного університету заборонено

Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни ”Ручне дугове зварювання” для підготовки бакалаврів галузі знань 131 Прикладна механіка, спеціалізація –Технології та устаткування зварювання / Укладач П.С.Івченко - Кам'янське, ДДТУ, 2018 – 22с

Укладач- доц.. П.С.Івченко

Відповідальний за випуск: зав. кафедри ТУЗ доц.. Д.Г.Носов

Рецензент: к.т.н., доцент кафедри ОМТ Самохвал В.М.

Затверджено на засіданні кафедри технології та устаткування зварювання протокол № 23 від 12 січня 2018 р.

Коротка анотація видання. У методичних вказівках наведено комплекс методичних розробок для повного виконання практичних робіт з дисципліни ”Ручне дугове зварювання”, призначені для підготовки бакалаврів галузі знань 131 Прикладна механіка, спеціалізація –Технології та устаткування зварювання

## Зміст

Загальні положення . . . . .	4
Охорона праці та протипожежні заходи при виконанні зварювальних робіт . . . . .	5
Практична робота № 1. Підготовка основних та зварювальних матеріалів до зварювальних робіт . . . . .	6
Практична робота № 2. Наплавлення валиків у нижньому положенні та вибір режимів зварювання : . . . . .	7
Практична робота № 3 Наплавлення широких зварних валиків. . . . .	12
Практична робота № 4. Дослідження впливу режимів зварювання на ширину зварного валика. . . . .	14
Практична робота № 5. Зварювання стикових швів. . . . .	15
Практична робота № 6. Зварювання кутових швів. . . . .	15
Практична робота № 7. Технологія зварювання вертикальних швів. . . . .	17
Практична робота №8. Технологія зварювання чавуну та кольорових металів..	18
Література . . . . .	21

## *1. Загальні положення*

Практичні роботи мають на меті закріпити і поглибити матеріал, що вивчається на лекціях, ознайомити студентів із методами проведення експериментальних робіт, приладами й устаткуванням, що застосовуються при їхньому виконанні.

Методичні вказівки складені у відповідності з робочою програмою "Ручне дугове зварювання" для підготовки бакалаврів галузі знань 131 Прикладна механіка, спеціалізація – Технології та устаткування зварювання.

Студент зобов'язаний самостійно вивчити методичне керівництво до роботи, що виконується і повторити лекційний матеріал з теми роботи з тим, щоб бути готовим відповідати на питання для самоперевірки.

Перед роботою викладачі контролюють готовність студентів до виконання - роботи. Не підготовлені студенти до виконання роботи не допускаються.

Звіт про роботу складається відразу після її виконання і подається викладачу на тому – ж занятті. Робота вважається виконаною після співбесіди і підписання звіту викладачем.

Студенти, що не захистили попередню роботу без поважних причин, не допускаються до виконання чергової роботи. Звіти про виконання роботи оформлюються в одному зошиті і зберігаються у студентів до заліку, що буде проведений по закінченню всіх робіт.

## 2. Охорона праці та протипожежні заходи при виробництві зварювальних робіт

**Мета занять:** ознайомлення студентів з основними вимогами техніки безпеки санітарії та протипожежними, котрі повинні виконуватися при виробництві зварювальних робіт.

Загальні відомості.

При зварюванні можливі наступні види травматизму: ,

- враження електричним струмом;
- враження проміннями електричної дуги очей та незахищеної поверхні шкіри;
- опіки краплями розплавленого металу;
- отруєння пилом та шкідливими газами, які виділяються при зварюванні;
- удари та поранення від вибухів балонів і судів зі стиснутими та зрідженими газами.

Захисні засоби та заходи, які передбачені правилами техніки безпеки забезпечують безпеку зварника та збереження його здоров'я, не дивлячись на шкідливі фактори, які супроводжують зварювальне виробництво.

До захисних засобів зварника належать: брезентовий костюм, брезентові рукавиці, головний убір, закрите взуття, щиток або маска зі срітофільтром, окуляри з простим склом, респіратор або вентиляційні пристрої.

При виробництві зварювальних робіт слід дотримуватись наступних правил з техніки безпеки:

- зварювальні роботи слід проводити тільки в спецодягу;
- марка світофільтра, який використовується у щитку, повинна відповідати величині зварювального струму;
- використання місцевої та загальної вентиляції;
- правильна організація зварювального поста;
- щоденна перевірка надійності заземлення зварювального устаткування та його полагодження;
- усунення несправності зварювального устаткування та підключення і відключення його від силової мережі дозволяється здійснювати тільки монтеру.

Основними причинами пожеж при виробництві зварювальних робіт є порушення правил пожежної безпеки, котрими передбачені наступні заходи з попередження пожеж:

- огорожа робочого місця зварника металевими або брезентовими ширмами;
- на робочому місці зварника не повинно бути легко запалювальних або вибухонебезпечних матеріалів;
- оснащення місць проведення зварювальних робіт засобами пожежної безпеки;
- дотримання правил використання та щоденна перевірка налаштування зварювального устаткування.

### 3. ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

#### Практична робота № 1

#### Підготовка основних та зварювальних матеріалів до зварювальних робіт

**Мета занять:** ознайомлення з підготовкою основних та зварювальних матеріалів.

#### Загальні відомості

Якість зварного з'єднання здебільшого залежить від підготовки металу до зварювання та якості електродів. Поверхня металу, що зварюються, повинна бути зачищеною до повного усунення іржі, окалини, змащувальних матеріалів, бо неметалеві включення у процесі зварювання стискаються з рідким металом і спричиняють несправи та пористість зварних швів.

Для забезпечення повного проплавлення кромки деталей, що зварюються, виконують скіс кромки. При ручному дуговому зварюванні основні типи швів зварних з'єднань та конструктивні елементи кромки виконують згідно ГОСТ 5264-80. На рисунку 1.1 показані типи зварних з'єднань та конструктивні елементи підготовлених кромки для ручного дугового зварювання. Вирізку деталей та підготовку кромки здійснюють механічною обробкою.

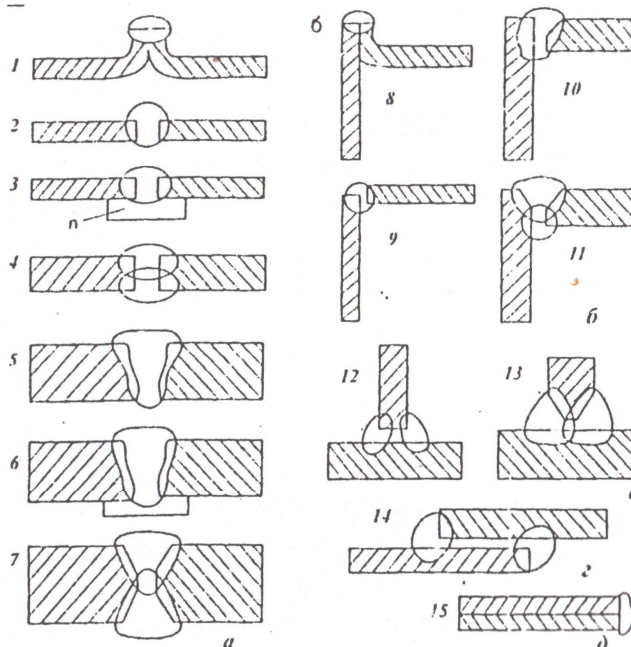


Рисунок 1.1 - Типи зварних з'єднань

Ручне дугове зварювання виконують металевими електродними які складаються з металевого стержня та обмазки. Покриття або обмазка

електродів призначенні для шлакового та газового захисту рідкого металу від азоту та кисню повітря, розкислення рідкого металу, його легування та стабілізації зварювальної дуги. Після тривалого зберігання їх слід просушити у печі при температурі 160 – 290 °С, тому що обмазка їх може відсиріти, що призводить до пор у зварному шві.

Найбільш широко розповсюджені електроди типів Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А.

Буква «Э» позначає електрод, а число, яке стоїть за буквою, - величину тимчасового опору наплавленого металу розриву в МПа. Буква «А» вказує на підвищені вимоги до пластичних властивостей металу шва.

### ***План занять:***

- застосування слюсарного та вимірювального інструмента для підготовки металу до зварювання;
- підготовка поверхні деталі під зварювання;
- підготовка під зварювання стикових, кутових, таврових та нахлестом з'єднань;
- підготовка та зберігання зварювальних електродів.

## **Практична робота №2**

### **Наплавка валиків у нижньому положенні та вибір режиму зварювання**

**Мета занять:** навчальна - навчити учнів виконувати наплавлення валиків на пластини в нижньому положенні, обирати зварювальні матеріали відповідно до умов експлуатації виробу.

**Матеріальне забезпечення:** зварювальний пост; пластини з низьковуглецевої сталі розміром 250x1,50x20 мм; електроди діаметром 3-5 мм типу Э-42 або Э-46; щитки і маски; комплекту захисних світлофільтри; спецодяг; дротяні щітки; вимірники швів і шаблони для перевірки форми і розмірів швів; додаткове приладдя і інструменти зварника; зразки наплавлених валиків; плакати „Техніка наплавлення в нижньому стані шва”; „Вплив параметрів режиму зварювання на форму, розміри шва”.

## Техніка виконання швів покритими електродами в нижньому положенні

На вибір способу зварювання впливають такі фактори як технологічна зварюваність матеріалу, розміри та маси. Основною вимогою до виготовлення конструкцій є використання таких засобів зварювання, які забезпечують умови експлуатації виробу.

Величина сила зварювального струму (з урахуванням просторового положення) становить:

$$I_{зв} = k \cdot d_e$$

де  $k = 1,0$  - для стикового зварювання;  $0,9$  - для вертикального зварювання;  $0,8$  - для стельового положення.

У процесі зварювання треба підтримувати певну довжину дуги, яка залежить від марки та діаметра електрода. Орієнтовано нормальна довжина дуги має бути  $L_d = (0,5... 1,1) d_e$ .

Для підвищення працездатності зварних конструкцій, зменшення внутрішніх напружень і деформацій велике значення має порядок заповнення швів.

Під *порядком заповнення шва* розуміють як порядок заповнення розчищення шва в поперечному перерізі так і послідовність зварювання в довжину шва.

За довжиною ці шви умовно можна поділити на три групи: короткі - до 300мм, середні - 300... 1000 мм, довгі - більші 1000 мм.

Залежно від довжини шва, матеріалу, вимог до точності та якості зварних з'єднань зварювання таких швів може виконуватися по різному.

Короткі шви виконують на прохід - від початку шва до його кінця. Шви середньої лінії- зварюють від середини до кінців або зворотно ступінчастим методом. Шви довгі виконують двома способом: від середини до країв і урозкидку.

З точки зору продуктивності найдоцільнішими є однопрохідні шви, які звичайно застосовують при зварюванні металу невеликих товщини (до 8.. 10 мм) з попереднім розчищенням кромки.



З'єднання під зварювання складають у пристроях найчастіше з прихватками. Переріз прихватки вального шва становить приблизно  $1/3$  перерізу основного шва, довжина його 30..50 мм. Куткові шви зварюють, „у кут” або „в човник”. При зварюванні „у кут” простіше складання, допускається великий зазор між зварювальними деталями (до 3мм), але складніша техніка зварювання, можливі дефекти типу підрізу та напливів, менша продуктивність, бо доводиться за один прохід зварювати шви невеликого перерізу (катет  $< 8$ мм).

Забезпечення нормальних вимог з технології та техніки зварювання - основна умова, щоб дістати якісні зварні шви.

З точки зору продуктивності найдоцільнішими є однопрохідні шви, які звичайно застосовують при зварюванні металу невеликих, товщини (до 8... 10мм) з попередньою розробкою кромки.

Забезпечення нормативних вимог з технології та техніки зварювання - основна умова, щоб дістати якісні зварні шви. Відхилення розмірів і форми зварного шва від проектних найчастіше спостерігаються у куткових швах і пов'язані з порушенням режимів зварювання, неправильної підготовкою кромки під зварювання, нерівномірною швидкістю зварювання, а також з не своєчасним контрольним обміром шва.

Дуга може збуджуватися двома прийомами: дотиком впритул і відведенням перпендикулярно вгору або „чирканням” електродом як сірником. Другий спосіб зручніший але не придатний у вузьких і незручних місцях. Поступовий рух зварювальної дуги відбувається вздовж вісі електрода в трьох основних напрямках.

Довжина дуги істотно впливає на якість зварного шва та його геометричну форму. Довга дуга сприяє інтенсивнішому окисленню та азотуванню розплавленого металу, збільшує розбризкування. При зварюванні електродами основного типу виникає пористість металу.

У процесі зварювання електроду надається рух у трьох напрямках.

Перший рух - поступальний, за напрямом осі електрода. Цим рухом підтримується стала (у певних межах) довжина дуги залежно від швидкості плавлення електрода.

Другий рух - переміщення електрода вздовж осі валика для утворення шва. Швидкість цього руху встановлюється залежно від сили струму, діаметра електрода, швидкості його плавлення, виду шва та інших факторів. Коли немає поперечних рухів електрода, дістаємо так званий нитковий валик, на 2...3 мм більший за діаметр електрода, або вузький шов завширшки  $e \leq 1,5d_e$ .

Третій рух - переміщення електрода впоперек шва, щоб дістати шов ширший, ніж нитковий валик, так званий розширений валик.

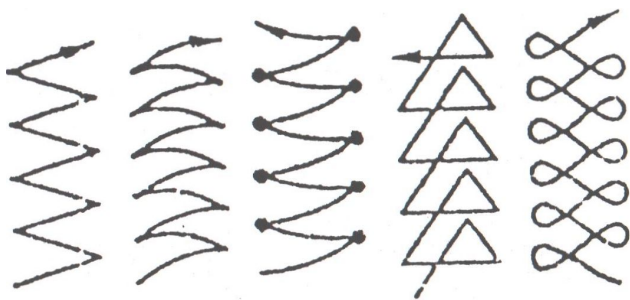


Рисунок 2.1 - Траєкторія руху кінця електрода при ручному дуговому зварюванні

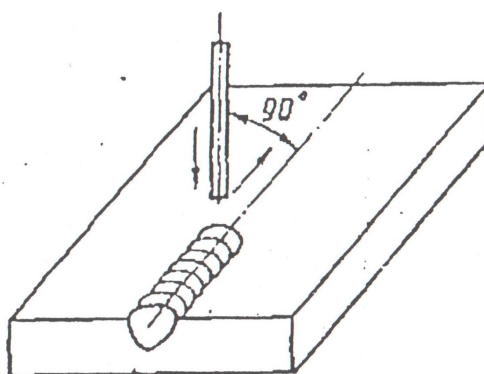
Поперечні коливальні рухи кінця електрода (рис. 2.1) визначаються формою розчищення, розмірами та положенням шва, властивостями зварювано матеріалу, навичками зварника. Для широких швів, які дістають з поперечними коливаннями  $e \leq (1,5...5)d_e$ .

З точки зору продуктивності найдоцільнішими є однопрохідні шви, які звичайно застосовують при зварюванні металу невеликих товщин (до 8... 10мм) з попереднім розчищенням кромки.

При виконанні горизонтальних швів у вертикальній площині часто утворюються подрізи, а при зварюванні в стельовому стані ускладнюється повний провар шва. В обох випадках зварювання повинно виконуватися короткою дугою з достатньо швидкими коливальними рухами. Метал товщиною більше 8 мм зварюють багато прохідними швами. Перший валик в корні горизонтального шва наноситься електродом діаметром 4 мм, а наступні - діаметром 5 мм. Валики горизонтального шва зручно виконувати електродом з обпиранням на покриття. При зварюванні стикових горизонтальних з'єднань підготовка кромки необхідна тільки для верхньої кромки.

Горизонтальні шви виконують вертикально розташованим електродом кутом назад кутом вперед. Рух електрода може проводитись на себе і від себе. Кут нахилу електрода до вертикальної площині зварного виробу повинен встановлюватися  $75-85^\circ$ , швидкість плавлення дроту залежить від величини зварювального струму, напруги дуги, діаметра і марки дроту. Виліт електрода знаходиться в прямій залежності від діаметра дроту: зі збільшенням діаметра від 1,4 до 3 мм виліт збільшується до 20-26 мм.

Методичні вказівки. Майстер знайомить учнів з учбовими завданнями і змістом темп, з переліком вправ, які повинні виконати учні, показує розміщення устаткування і раціональне розташування зварювальних матеріалів, інструментів і приладдя в кабіні, демонструє робоче положення учня для виконання вправ.



Перед показом наплавлення валиків па пластини слід нагадати, з якою метою застосовують цей вид зварювальних робіт. Звернути увагу на необхідність правильного запалення дуги і підтримки постійної довжини її, сказати, що наплавлення ниткових (вузьких) валиків супроводжується двома рухами електроду: зверху вниз по осі електроду і уздовж лінії шва, тобто уздовж напрямку наплавлення (рис. 2.2); при наплавленні широких валиків електрод повідомляють три рухи: уздовж осі електроду зверху вниз, уздовж лінії шва і упоперек його. Перед виконанням майбутніх вправ майстер для всієї групи показує, як треба виконувати вправу, повідомляє про кількість пластин, необхідних для виконання тієї або іншої вправи, вимогах до поверхні зварюваного металу, збірці під зварку. Якщо вчиться зрозуміла техніка виконання майбутньої вправи, майстер пропонує їм приступити до його виконання, заздалегідь звернувши їх увагу на необхідність

підтримки довжини дуги постійної і строгого дотримання правил техніки безпеки. Обхід кабін вчать і індивідуальний показ вправ виконується майстром протягом 10—15 хв. після початку їх виконання що вчать. Увійшовши до кабіни до учня, слідкує уважно через щиток, щоб проконтролювати його рухи і, знайшовши їх невірними, вказати помилки, показати, як слід його виконувати.

## Практична робота № 3

### Наплавка широких зварних валиков

Наплавити широкий валик вертикально розташованим електродом (рис. 2.4 а).

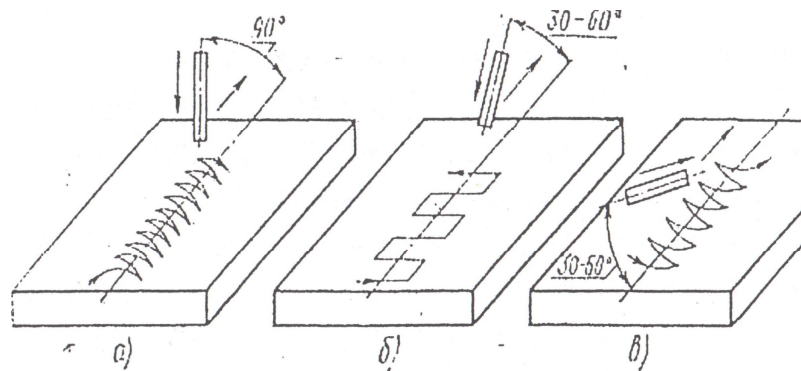


Рисунок 2.4 - Коливальні рухи електродом при наплавленні:

а — вертикально розташованим електродом, б — кутом назад, в — кутом вперед

Як було сказано раніше, електроду повідомляють три рухи: вниз уздовж осі електроду, вздовж і поперек лінії шва. При русі електроду упоперек шва необхідно підтримувати довжину дуги постійної і стежити за тим, щоб ширина валика по всій його довжині була однаковою. В процесі накладення широкого валика кожна подальша порція розплавленого металу повинна добре сплавлятися з попередньою, в цьому випадку якість шва буде високою. Хороший сплав досягається правильним підбором сили зварювального струму,

застосуванням добре прожарених електродів, що мають рівномірне по товщині покриття.

Поперечні рухи електроду, а також переміщення його уздовж пластини повинні здійснюватися з однаковою швидкістю. Хороша якість шва досягається при повному і рівномірному покритті шва шлаком і відсутності шлаку між валиками. При виконанні таких швів ретельно стежать за тим, щоб не було зашлаковування металу. Зашлаковування розплавленого металу зварювальної ванни усувають зміною довжини зварювальної дуги і кута нахилу електроду до поверхні пластини.

Кратер заварюють шляхом короткочасних переривань горіння зварювальної дуги, внаслідок чого електродний метал малими порціями переходить в кратер і заповнює його.

**Вправа 2.** Наплавити широкий валик електродом, розташованим кутом назад (рис. 2.4 б).

При нахилі електроду під кутом 30—60° добре видно зварювальна ванна, оскільки тиском зварювальної дуги розплавлений шлак віддаляється в тильну (що кристалізується) частину зварювальної ванни: Наплавлення виконують короткою дугою. Рухи електроду упоперек і уздовж пластини повинні бути рівномірними.

**Вправа 3.** Наплавити широкий валик електродом, розташованим кутом вперед (рис. 2.4 в).

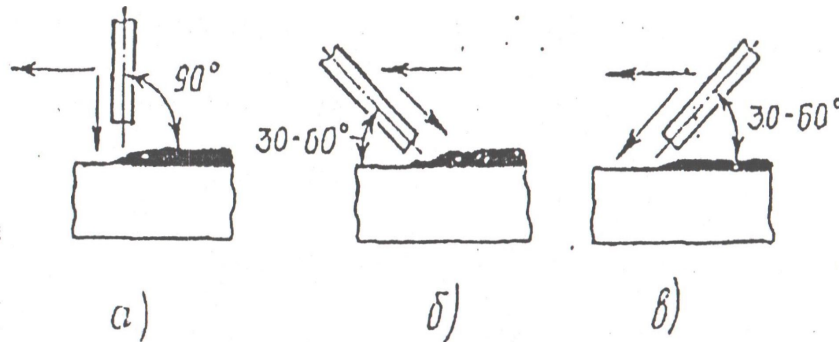
Для отримання рівного валика необхідно витримувати постійну довжину дуги, швидкість переміщення електроду і його кут нахилу до поверхні пластини. Розплавлений шлак з поверхні металу зварювальної ванни видаляють зміною довжини дуги і кута нахилу електроду до пластини. Цей метод наплавлення широко застосовують при зварці кільцевих швів циліндрових судин.

## Практична робота № 4

### Дослідження впливу режимів зварювання на ширину зварного валика.

**Вправа. 1** Розплавити електрод, підтримуючи стійке горіння зварювальної дуги. Спочатку необхідно встановити максимальну величину зварювального струму, що полегшить вчитися запаленню і підтримці зварювальної дуги. На 2—3 електродах студент вчиться запалювати і підтримувати зварювальну дугу, потім величину зварювального струму необхідно поступово зменшувати довівши її до потрібної (з розрахунку 40А на 1 мм діаметру електроду).

Рисунок 4. - Способи зварювання і наплавлення:



а - вертикально розташованим електродом, б - кутом назад, в - кутом вперед

**Вправа 2.** Наплавити па пластину нитковий валик зменшивши зварювальний струм на 60-90 А.

Вправу треба виконувати на гранично короткій дузі так, щоб шлак розташовувався за дугою, не змішувався з розплавленим металом і не затікав вперед дуги при русі електроду уздовж валика, що наплавляється.

**Вправа 3** Наплавити на пластину нитковий валик зменшивши зварювальний струм до 50А на 1мм діаметру. При напавленні валика кут нахилу електроду (30—60°) по відношенню до пластини забезпечує чистоту зварювальної ванни. При такому нахилі електроду шлак під тиском зварювальної дуги йде в тильну частину зварювальної ванни. Чистоту зварювальної ванни можна регулювати також зміною довжини дуги.

## Практичні роботи № 5 та 6

### Зварювання стикових і кутових з'єднань

**Мета занять** навчити студентів виконувати зварювання стикових, внапуск і кутових з'єднань при нижньому положенні пластин.

**Загальні відомості.** Зварним з'єднанням як конструктивним елементом називають ділянку конструкції, в якій окремі її елементи з'єднані за допомогою зварювання зварним швом. Зварний шов уявляє собою метал, який закристалізувався та у процесі зварювання знаходиться у розплавленому стані. Зварні шви підрозділяють за формою поперечного перетину на стикові та кутові.

За допомогою стикових швів утворюють в основному стикові з'єднання, за допомогою кутових швів - таврові, хрестові, кутові.

Для усіх типів швів важливий повний провар кромки елементів, що з'єднуються, та зовнішня форма шва як з лицевої сторони (збільшення шва), так і зі зворотної сторони, тобто форма зворотного валика. В стикових, особливо односторонніх швах, важко перевірити кромки притуплення на товщину без спеціальних прийомів, які попереджають про палення та забезпечують добре формування зворотного валика.

Важливе значення також має утворення плавного переходу металу лицевого та зворотного валиків до основного металу, так як це забезпечує високу міцність з'єднання при динамічних навантаженнях. В кутових швах також буває проварити корінь шва на всю його товщину. Для цих швів рекомендується вгнута форма поперечного перетину шва з плавним переходом до основного металу, що знижує концентрацію напруження в місці переходу.

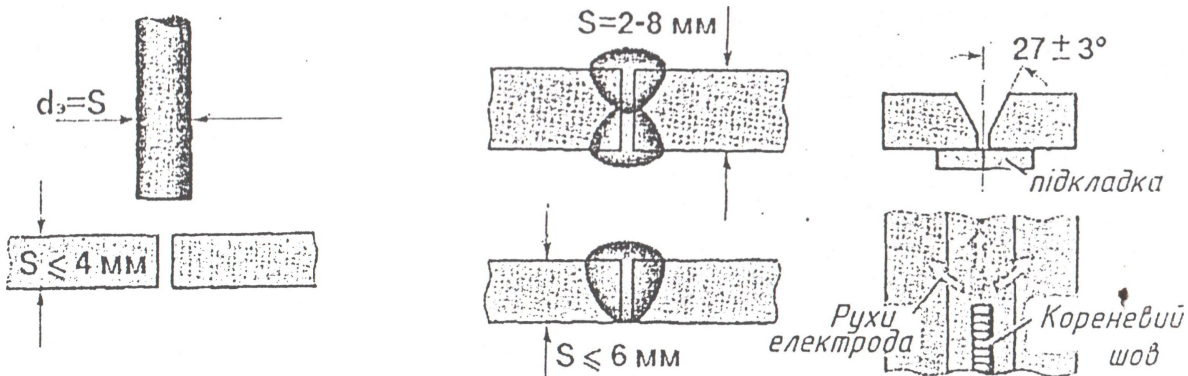
Щоб забезпечити сквозне проплавлення кромки виробу при зварюванні одностороннім стиковим або кутовим швом при товщині листів більше 4мм, зварювання виконують по раніше розширеним кромкам.

При ручному зварюванні істотно змінити глибину проплавлення основного металу, але змінюючи розмах поперечних коливань електрода, можливо значно змінити ширину шва. Траєкторія руху електрода при наплавленні валиків і зварюванні стикових і таврових з'єднань показані на рисунку 5.1. Зварювання товстих пластин з розширенням кромки виконують у декілька шарів наступними способами: блоками, каскадом і гіркою. Описи цих способів наведені у літературі.

## Виконання зварних з'єднань у нижньому положенні

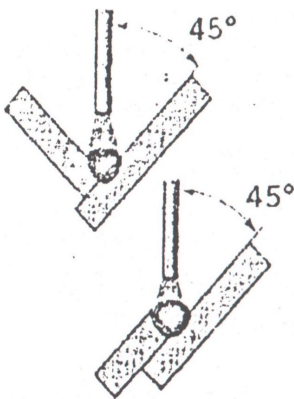
### Стикові

Односторонні без скосу кромки виконують товщиною 2-8мм зварюють з розробкою кромки електродами діаметром, який дорівнює товщині метала, якщо вона не перевищує 4мм. Листи без скосу кромки виконують товщиною 2-8мм зварюють двостороннім швом, а до 6мм - одностороннім швом, а до 6мм - зварювання ведуть на знімних мідних або сталевих підкладках

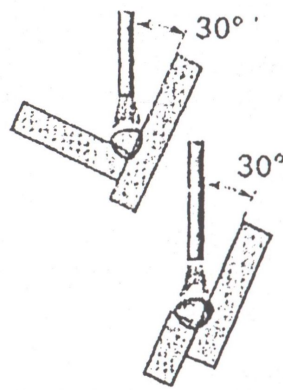


### Кутові

В симетричний  
"човник"

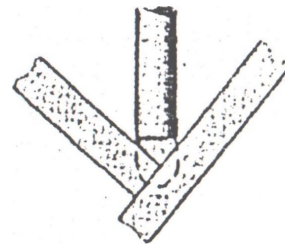


В не симетричний  
"човник"

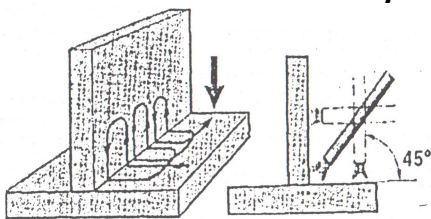


Для запобігання непровара і підрізів кромки зборювання "в човник" краще вести електродом, допустиме спірання покриття на кромки

При зварюванні кутових швів нахиленим електродом (в тому числі "в човник") краще вести кутом назад



### Таврові



Дугу збуджують на горизонтальній площині, щоб запобігти натікання

Куткові шви без скосу кромки з катетом більше 10мм виконують в один шар поперечними рухами електродом трикутником.

### Внапуск



Куткові шви в нижньому положенні з катетом до 10мм накладають в один шар електродами діаметром до 5мм без поперечних коливань



## Рисунок 5.1 - Зварювання стикових, кутових і таврових з'єднань

Техніка зварювання кутових, внапуск і таврових з'єднань однакова. Однак кутові з'єднання більш складні по виконанню, так як утримання розплавленого металу на горизонтальній поверхні вертикальної пластини для недосвідченого зварника уявляє велику трудність.

У залежності від довжини стику, який зварюється, і товщини металу розрізняють декілька способів виконання швів. Короткі шви (довжиною до 250мм) звичайно виконують «напрохід». Шви середньої довжини (250- 1000мм) - або від середини до країв, або зворотньо-ступінчастим способом. Довгі шви (більше 1000 мм) виконують зворотньо-ступінчастим способом від середини до країв. Описи цих способів наведені у літературі.

### **План занять:**

- підготовка пластин та збірка з'єднань різних типів під зварювання;
- зварювання стикових з'єднань з розширенням та без розширення кромки;
- зварювання кутових, внапуск і таврових з'єднань;
- прийоми зварювання довгих швів.

## **Практична робота №7**

### **Зварювання пластин при їх вертикальному положенні.**

**Мета занять:** навчити студентів виконувати валики і шви на вертикальних поверхнях пластин.

**Загальні відомості.** Наплавлення валиків і зварювання швів на вертикальній пластині значно важче, ніж наплавлення валиків при нижньому та похилому положеннях пластин. Це пояснюється тим, що важко попередити стікання рідкого металу вниз і у зв'язку з цим легко утворюються подрізи та напливи у шві.

Починати вправи доцільно з наплавлення валиків на пластинах, встановлених похилу спочатку на кут  $135^\circ$  до горизонтальної площини, потім - перпендикулярно. Величина зварювального струму повинна бути на  $10-15^\circ$  нижче, ніж; при зварюванні у нижньому положенні. Для попередження стікання металу дугу направляють трохи вгору, щоб вона своїм тиском підтримувала метал. Після отримання певного об'єму зварної ванни, електрод швидко переміщують вгору на невелику величину з метою віддалення джерела тепла, а отже, і кристалізації металу. Далі дугу знов підводять до зварювальної ванни, яка кристалізувалася, і цикл повторюється. Амплітуда коливальних рухів не повинна перевищувати 3-х діаметрів електрода. Слід розрізнявати по різниці в кольорі стікаючий шлак і рідкий метал, який в порівнянні зі шлаком більш світлий.

Виконання наплавлення горизонтальних валиків на вертикальній площині значно трудніше, ніж вертикального, так як від зварника вимагаються більш точні рухи, щоб не припустити утворення напливів та подрізів. Як правило, зварювання горизонтальних швів ведеться ниточними швами, тобто без поперечних коливань.

Перший шов повинен забезпечити проплавлення коріння шва, послідувачі - проплавлення кромок та формування шва заданих розмірів.

План занять:

- наплавлення валиків на похилу пластину;
- наплавлення горизонтальних валиків при вертикальному положенні пластин.

## Практична робота № 8

### Зварювання чавуну

**Мета занять:** навчити студентів виконувати зварювання чавунних виробів.

**Чавунами наливають залізовуглецеві сплави**, в яких вуглецю більше 2%. Завдяки високим ливарним властивостям й порівняно невисокою вартістю чавун знайшов широке використання в машинобудуванні. В залежності від форми вуглецю і швидкості охолодження чавуни розділяються на білий і сірий. Легуючі елементи за їх впливом на цементит розділяють на дві групи: *графітизуючі* - Al, Si, C, Cu, Ni, Mn, P і *карбідоутворюючі* Br, W, Cr, S, Mo елементи.

Твердість є важливою характеристикою чавуну, вона залежить від структури, легуючих елементів, розміру і форми графіту. Чавуни, в яких майже весь вуглець знаходиться у вільному стані так звані феритні чавуни мають найнижчу твердість. Перлітний чавун з пластинчатим графітом має HB 220-240, а чавун з мартенситною основою має HB 400—500; чавун зі структурою цементиту має найвищу твердість — HB 750 і вище. Але найширше використаним в промисловості мають сірі чавуни, завдяки їх високій технологічності.

Зварювання сірих чавунів виконують двома способами. Гаряче зварювання сірих чавунів — це спосіб, при якому відбувається попереднє нагрівання до 600-700°C з наступним повільним охолодженням. Такий процес зменшує швидкість охолодження зварювальної ванни і біляшовної зони, що забезпечує максимальну графітизацію металу шва і значно зменшує відбілювання в біляшовній зоні і виникнення зварних напруг.

Холодне зварювання сірих чавунів — це зварювання без попереднього нагрівання виробу. Цей спосіб менш затратний, при цьому ще проявляється можливість вар'їрування у великих межах хімічним складом основи металу шва. Але наплавлення валика на холодну поверхню чавуну внаслідок швидкого відведення тепла метал наплавленого валика стає твердим і крихким. В біляшовній зоні на ділянці неповного розплавлення, обмеженим температурами 1100—1250°C, при великій швидкості охолодження виникає білий чавун, а на іншій ділянці, на якій при нагріванні від наплавленого валика створюється аустеніт, велика швидкість охолодження і хімічний склад чавуна приводять до його переохолодження зі створенням твердої і крихкої структури мартенсіта.

Зменшення схильності до відбілювання першої ділянки біляшовної зони при зварюванні чавуну може бути досягнута введенням в метал шва графітизаторів (Cu, Ni) тобто деякою зміною хімічного складу металу шва.

Виключити або зменшити ймовірність виникнення мартенсіта на другій ділянці біля шовної зони можна зниженням швидкості охолодження, що досягається збільшенням погонної енергії зварювання або підігріванням виробу.

Існує багато способів холодного зварювання чавуна. **Зварювання чавуна сталевими електродами** — найбільш доступний спосіб зварювання. Зварювання сталевими електродами зі звичайними покриттями внаслідок проплавлення чавуну на деяку глибину в металі шва значно зростає концентрація вуглецю. Швидке охолодження, яке має місце при холодному зварюванні чавуну, приводить до підвищення твердості (гартуванню) шва і відбілювання біляшовної зони.

**Зварювання чавуну сталевими електродами з карбідоутворювачими елементами** в покриттях приводить до зв'язування вуглецю в труднорозчинні дрібнодисперсні карбіди (найчастіше ванадія, що міститься в електродному покритті) і структура стає феритною з включенням дрібнодисперсних карбідів. Так, електроди марки ЧЦ-4, в покритті яких знаходиться 70% ферованадію, забезпечують наплавлений метал 9-10% ванадію.

При зварюванні чавуну електродами з низько вуглецевої сталі для підвищення якості зварного шва рекомендується використовувати електроди малого діаметру і пониженої сили зварювального струму, що зменшить теплову дію па чавун.

Зварювання необхідно вести короткими ділянками в перекид (по найбільш холодним місцям) з перервами, щоб температура виробу поблизу місця зварювання не перевищувала 50-60°C, валиками малого перетину.

**Зварювання комбінованими мідно-сталевими електродами** знайшло у виробництві широке розповсюдження. Різні варіанти комбінованих мідно-сталевих електродів, зокрема мідний стрижень з товстим покриттям, яке містить залізний порошок і в'язанку з мідних і сталевих електродів, дає більш задовільні результати у порівнянні зі зварюванням електродами з низьковуглецевої сталі.

В'язанку електродів збирають з одного електрода типу 3-42 і двох прутків міді. Відбілювання біляшовної зони при зварюванні цими електродами зменшується за рахунок підвищеного вмісту міді в зварювальній вапні, та яка є графітізуючим елементом, але це відбілювання усувається не повністю.

**Зварювання електродами з нікелевих сплавів** проводять короткими валиками (30-50 мм) з проковуванням їх в гарячому стані для зниження напруг від усадки при охолодженні шва. Наявність у зварювальній вапні елементів - графітізаторів (мопсль-мстал містить 60-70% М і 25-30%Cu) зменшує відбілювання біляшовної зони. Зварювання необхідно проводити при невеликій силі струму зворотної полярності валиками малих перетинів.

**Зварювання чавуну порошковим дротом** - механізований спосіб, який дозволяє не тільки підвищити продуктивність праці, але і полегшити умови праці, особливо при гарячому зварюванні чавуну. Використовують порошкові дроти ПП4-1 - для холодного зварювання сірого чавуну, ПП4-2 - для зварювання сірого чавуну з підігріванням і ПП4-3 - для гарячого зварювання сірого чавуну. План занять:

- холодне дугове зварювання чавуну;
- гаряче дугове зварювання чавуну.

## **Дугове наплавлення і зварювання кольорових металів і сплавів**

**Мета занять:** навчити студентів зварювати мідь, алюміній та їх сплави ручним дуговим зварюванням.

**Загальні відомості.** Перед плавленням валиків на мідні пластини, останні підігрівають до 350-400°C. При наплавленні без підігріву, у зв'язку з великою теплоємністю міді, розплавлений метал мідного електроду буде лягати на холодний метал пластини, у результаті чого не буде сплавлення. При зашлакуванні зварювальної ванни змінюють кут похилу електрода або трохи збільшують силу зварювального струму.

Зварювання стикових з'єднань із мідних пластин виконують на графітовій або вуглецевій підкладці, бажано з мінімальним зазором. Треба вельми старанно слідкувати за тим, щоб було добре сплавлення між зварювальними кромками. Листи товщиною 1-3 мм зварюють з відбортовкою кромки без присадочного матеріалу.

Дугове зварювання мідних пластин виконують на постійному струмі зворотної полярності, металевим електродом марки «Комсомолец», похиленим до продольної осі шва під кутом 75-80° без коливань поперек шва мінімально можливою короткою дугою, або вуглецевими електродами з застосуванням флюсів на прямій полярності. Мідні пластини перед нагрівом старанно знежирюють.

Зварювання і наплавлення алюмінію утруднено тим, що алюмінієві пластини завжди покриті окисною плівкою, температура плавлення якої майже в 3 рази вище, ніж у алюмінію. Зварювання виконують постійним струмом зворотної полярності електродами марки ОЗА-1. Для металу середніх товщин необхідний підігрів до 250-300° С для отримання вимагання проплавлення при помірних зварювальних струмах. Найбільш прийнятним для алюмінію типом зварного з'єднання стикове. З'єднань в нахлест і таврового запобігають, тому що можливе затікання шлака в зазори, з яких його важко вилучити. Мінімальна товщина зварювального металу звичайно складає 4мм.

Техніка зварювання алюмінію відрізняється від техніки зварювання сталі. Швидкість зварювання алюмінію повинна бути у 2-3 рази більше, ніж у сталі. Зварювання виконують без коливання кінця електроду безперервно в межах одного електроду. Зварювальний струм вибирають із розрахунку не більше 60А на 1мм діаметру електрода. Зварювання виконують короткою дугою.

### **План занять:**

- дугове наплавлення і зварювання міді;
- дугове наплавлення і зварювання алюмінію.

## *Основна та додаткова література*

### Основна

1. Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением /Акулов А.И.- М.: Машиностроение, 1977.- 432с.
2. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка /Рыбаков В.М. - М.: Высшая школа, 1981-256с.
3. Фоминых В.П. Ручная дуговая сварка/Фоминых В.П.,Яковлева А.П. - М.: Высшаяшкола, 1986.-288с.
4. Шсбеко Л.П. Производственное обучение электросварщиков /Шсбеко Л.П. - М.: Высшая школа, 1972.-260с.

### Додаткова.

1. Горпинюк М.А. Практичні і лабораторні роботи із зварювання /Горпинюк М.А.-К.:Вища школа, 1972.-92с.
2. Справочник сварщика / Под редакцией В.В. Степанова - М,: Машиностроение, 1985.- 280с.

Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни Ручне дугове зварювання для підготовки бакалаврів галузі знань 131 Прикладна механіка, спеціалізація –Технології та устаткування зварювання

Укладач: Павло Семенович Івченко доцент

51918, м. Кам'янське, вул.. Дніпробудівська,2

Підписано до друку \_\_\_\_\_

Формат 80/34 1/16 Обсяг 1 д.а.

Тираж \_\_\_ екз. Замовлення \_\_\_\_\_