

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичного заняття № 6

«Вплив параметрів автоматичного зварювання та наплавлення під
флюсом на розміри та форму зварного шву»
з дисципліни «Навчальний практикум» для студентів спеціальності
131 «Прикладна механіка» освітня програма «Технології та
устаткування зварювання» та «Відновлення та підвищення
зносостійкості деталей і конструкцій» заочної форми навчання

Методичні вказівки до практичного заняття № 6 «Вплив параметрів автоматичного зварювання та наплавлення під флюсом на розміри та форму зварного шву» з дисципліни «Навчальний практикум» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітня програма "Технології та устаткування зварювання" заочної форми навчання / Укл.: С.П. Бережний, О.Є.Капустян – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 14 с.

Укладач: С.П. Бережний, доцент., к.т.н.
О.Є. Капустян, к.т.н.

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

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: С.П. Бережний

Затверджено
на засіданні кафедри ОТЗВ
Протокол № 6 від 24.12.2019 р.

Рекомендовано до видання
на засіданні НМК ІФФ
Протокол № 5 від 27.01.2020

ЗМІСТ

1 Мета роботи.....	4
2 Загальні відомості.....	4
3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи	11
4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання.....	11
5 Вказівки з техніки безпеки.....	12
6 Порядок проведення практичної роботи	12
7 Зміст звіту	14
8 Рекомендована література.....	14

1 МЕТА РОБОТИ

Отримання практичних навиків визначення режимів та форми швів стикових зварних з'єднань автоматичним зварюванням під флюсом.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

При виконанні зварних з'єднань на автоматичних установках особливу увагу слід приділяти дотриманню геометричних розмірів і форми шву. Геометричні розміри і форма шва характеризуються такими елементами: шириною шва - e ; глибиною провару - h , висотою посилення шва - g , товщиною шва - $c = h + g$, (рис. 2.1).

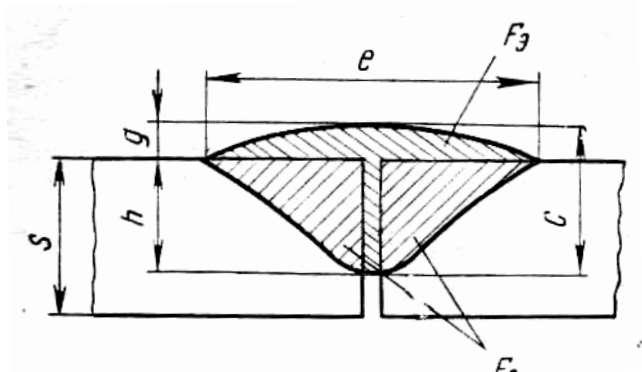


Рисунок 2.1 - . Елементи поперечного перерізу стикового шва

Коефіцієнтом форми глибини провару - $K_n = e / h$. Коефіцієнт K_n може коливатися досить в широких межах - від 0,5 до 4. Оптимальне його значення зазвичай складає 1,2 - 2.

Коефіцієнтом форми посилення шва $K_v = e / g$; Значення коефіцієнта K_v не повинно перевищувати 7-10.

Часткою основного металу в шві - γ .

Частка основного металу в шві є відношенням площі поперечного перерізу розплавленого основного металу до площі перетину всього шва і визначається за формулою:

$$\gamma = \frac{F_o}{F_o + F_s},$$

де F_o - площа поперечного перерізу розплавленого основного металу, мм²;

F_s - площа поперечного перерізу наплавленого електродного металу, мм².

До режиму автоматичного і напівавтоматичного зварювання під флюсом відносяться такі чинники: - сила зварювального струму, діаметр електродного дроту, напруга дуги, рід струму і полярність, швидкість зварювання, швидкість подачі електродного дроту, виліт електрода, нахил електрода уздовж і поперек шва, нахил виробу, марка флюсу і його грануляція, оброблення крайок, величина зазору, а також, при необхідності, попередній підігрів перед зварюванням і термічна обробка після зварювання.

Нижче розглядається вплив деяких параметрів режимів зварювання на розміри і форму шва, а також наводяться рекомендації по їх вибору.

Сила зварювального струму. При збільшенні зварювального струму (рис. 2.2 а) зростає кількість тепла, що виділяється дугою і веде до збільшення тиску газів у флюсо-газовому міхурі. В наслідок цього рідкий метал зварювальної ванни інтенсивніше витісняється з-під дуги і відкидається назад, в сторону, протилежну напрямку зварювання. Товщина прошарку рідкого металу під дугою зменшується, що призводить до збільшення глибини проплавлення основного металу і частки участі його в формуванні шва. Ширина шва при цьому майже не збільшується.

Приблизно силу зварювального струму можна визначити за формулою:

$$I_{зв} = h / k,$$

де h - необхідна глибина провару, мм;

k - коефіцієнт пропорційності, що залежить від роду струму і його полярності, діаметра електродного дроту і марки флюсу (табл. 2.1), мм / 100 А.

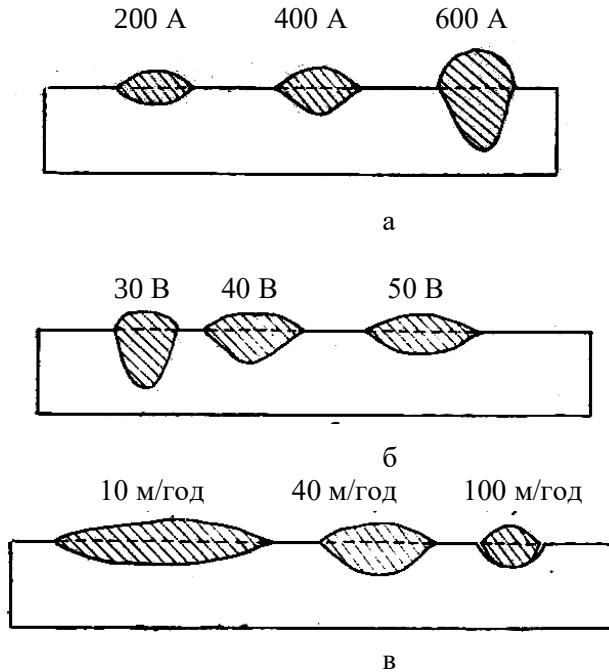


Рисунок 2.2 - Вплив сили зварювального струму (а), напруги дуги (б) і швидкості зварювання (в) на геометричні розміри і форму шва

Таблиця 2.1 - Значення коефіцієнта пропорційності К

Марка флюсу	Рід струму і полярність	Діаметр електродного дроту, мм	Значення К, мм/100А	
			Зварювання у таврі і у стик з обробленими кромок	Наплавлення і зварювання у стик без оброблення кромок
АН-348А	змінний	5	1,5	1,1
АН-348А	змінний	2	2,0	1,0
АН-84в	Постійний, зворотня	5	1,75	1,1
АН-348	Постійний, пряма	5	1,25	1,0
ОСЦ-45	Змінний	5	1,55	1,15

При збільшенні діаметру електродного дроту і незмінному зварювальному струмі щільність струму на електроді зменшується. При цьому посилюється блукання дуги між кінцем електрода і поверхнею зварювальної ванни, що призводить до зростання ширини шва і зменшення глибини провару. Навпаки, при зменшенні діаметра електродного дроту щільність струму в ній збільшується, зменшується блукання дуги, відбувається концентрація тепла на малій площі зварювальної ванни і глибина провару зростає. Ширина шва при цьому зменшується. Це дозволяє при зварюванні тонким електродним дротом порівняно на невеликих токах отримати досить глибокий провар.

З усіх параметрів режимів механізованих способів зварювання напруга дуги (рис. 2.2 б) має найбільший вплив на ширину шва. З підвищенням напруги дуги збільшується її довжина і рухливість, в результаті чого зростає частка тепла, що йде на плавлення поверхні основного металу і флюсу. Це призводить до значного збільшення ширини шва, причому глибина провару зменшується, що особливо важливо при зварюванні тонкого металу. Незначно зменшується і висота посилення шва.

З підвищенням напруги дуги збільшення ширини шва залежить також і від роду струму. При одних і тих же напругах дуги ширина шва при зварюванні на постійному струмі, а особливо при зворотній полярності, значно більше ширини шва, звареного на змінному струмі.

Рід струму і полярність. Характер залежності основних параметрів режимів зварювання на форму і розміри шва при змінному струмі приблизно такий же, як і на постійному. Однак полярність постійного струму порізно впливає на глибину провару, що пояснюється різною кількістю тепла, що виділяється на катоді (мінус - К) і аноді (плюс - А). Тепло на аноді виділяється в результаті бомбардування його потоком електронів, а на катоді - в результаті бомбардування позитивно зарядженими іонами. При зварюванні на повітрі (ручне дугове зварювання) більше тепла виділяється на аноді, так як анод бомбардується електронами. При зварюванні майже під усіма флюсами в результаті зростання кінетичної енергії позитивно заряджених іонів, що бомбардують катод, більше тепла буде виділятися на катоді. Виходячи з цього, при автоматичному і напівавтоматичному дуговому зварюванні під флюсом постійним струмом, як правило, застосовується зворотна полярність, при якій

більше розплавляється основний метал.

Швидкість зварювання. Вплив швидкості зварювання (рис. 2.2 в) на глибину провару і ширину шва носить складний характер.

Спочатку при збільшенні швидкості зварювання стовп дуги все більше витісняє рідкий метал назад, товщина прошарку рідкого металу під дугою зменшується і глибина провару зростає.

При подальшому збільшенні швидкості зварювання (більше 40-50 м / год) помітно зменшується погонна енергія зварювання (кількість тепла, що виділяється на одиницю довжини шва) і глибина провару починає зменшуватися. Як в тому, так і в іншому випадку при збільшенні швидкості зварювання ширина шва постійно зменшується.

При швидкості зварювання більш 70- 80 м / год основний метал не встигає досить прогріватися, в результаті чого по обидва боки шва можливі неспалення.

При необхідності вести зварювання на великих швидкостях застосовують спеціальні методи (дводуктовим зварюванням, зварюванням трифазної дугою та ін.).

Швидкість подачі електродного дроту тісно пов'язана з силою зварювального струму і напругою дуги. Для сталого процесу зварювання швидкість подачі електродного дроту повинна дорівнювати швидкості його плавлення. При недостатній швидкості подачі електродного дроту можливі періодичні обриви дуги. При занадто великій швидкості подачі відбуваються часті короткі замикання електрода на зварювальну ванну. Все це веде до несправів і поганому формуванню зовнішнього вигляду шва.

Виліт електрода це відстань від нижчого міста підведення струму до дроту та виробу. Зі збільшенням вильоту електрода зростає інтенсивність його попереднього підігріву зварювальним струмом. Електрод плавиться швидше, а основний метал залишається порівняно холодним. Крім того, збільшується довжина дуги, що призводить до зменшення глибини провару і деякого збільшення ширини шву.

Зазвичай зварювання виконується вертикальним електродом. В окремих випадках зварювання може виконуватися кутом вперед і кутом назад. При зварюванні кутом вперед (рис. 2.3) рідкий метал підтікає під дугу, товщина прошарку рідкого металу збільшується і глибина провару зменшується.

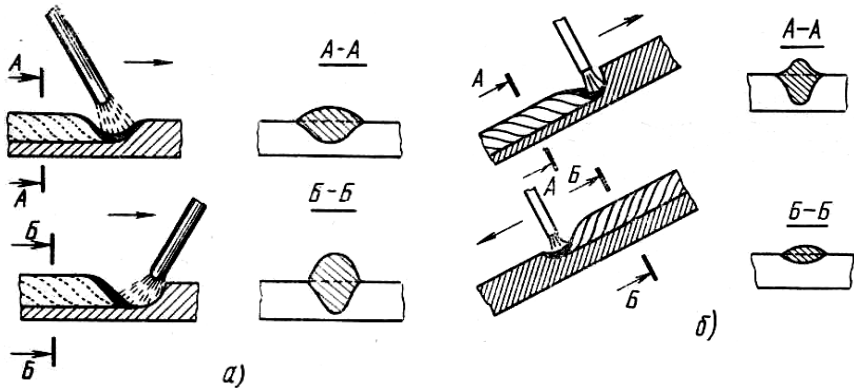


Рисунок 2.3 Вплив кута нахилу електрода та кута нахилу виробу на геометричні розміри і форму шва

Зменшується також висота посилення шва, але помітно зростає ширина його. Це дозволяє використовувати зварювання кутом вперед при зварюванні металу невеликої товщини. Крім того, при зварюванні кутом вперед краще проплавляються кромки що зварюються, це дає можливість проводити зварювання на підвищених швидкостях.

При зварюванні кутом назад (рис. 2.3, а) рідкий метал тиском газів витісняється з-під дуги. Товщина прошарку рідкого металу під нею зменшується і глибина провару збільшується. Збільшується також висота посилення шва, але значно зменшується його ширина. З огляду на глибокий провар і недостатнього прогріву крайок, що зварюються, можливо несплавлення основного металу з наплавленим (крайової непровари) і утворення пористості шву. З огляду на це, зварювання кутом назад знаходить обмежене застосування. Застосовують його, як правило, при зварюванні великої товщини на невеликих швидкостях, наприклад при дводуговому зварюванні або зварюванні кільцевих швів невеликого діаметру.

Зазвичай автоматичне і напівавтоматичне зварювання під флюсом проводиться при горизонтальному положенні виробу. Можливе зварювання від низу до верху (на підйом) або зверху вниз (на спуск) (рис. 2.3, б).

При зварюванні на підйом рідкий метал під дією власної маси витікає з-під дуги, прошарок рідкого металу зменшується, що

призводить до збільшення глибини провару і зменшення ширини шва. При куті нахилу більше $6-8^\circ$ по обидва боки шва можуть утворитися підрізи. Зовнішній вигляд шва при цьому погіршується.

При зварюванні на спуск розплавлений метал розтікається перед дугою, що призводить до збільшення товщини прошарку рідкого металу. Глибина провару при цьому зменшується. Зварювання на спуск дозволяє дещо збільшити швидкість зварювання при гарному формуванні шва. Невелика глибина провару дозволяє застосовувати цей спосіб при зварюванні тонкого металу. При куті нахилу більше $15-20^\circ$ відбувається сильне розтікання електродного металу, який тільки натікає на поверхню виробу, що зварюється, але не сплавляється з ним.

Оброблення кромки під зварювання і величина зазорів при збиранні. Ці фактори режиму впливають на долю основного і електродного металу в шві (рис. 2.4). Зі збільшенням зазору або кута оброблення кромки зменшується частка основного металу в шві. Глибина провару при цьому дещо зростає, а висота посилення шва зменшується. Загальна товщина шва при цьому залишається приблизно однаковою.

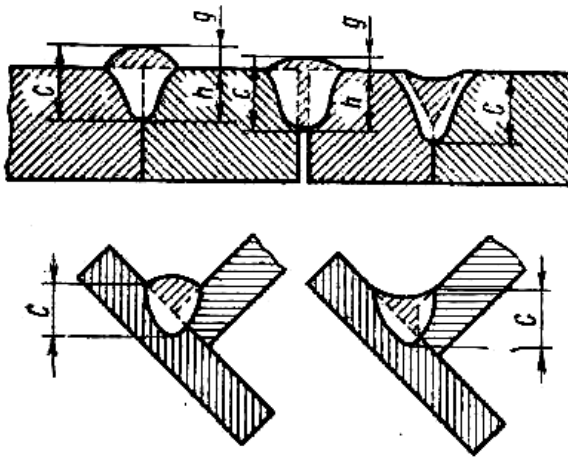


Рисунок 2.4 Вплив оброблення крайок і величини зазору на форму шва і частку основного металу в ньому.

Різні флюси мають різні стабілізуючі властивості. З підвищенням стабілізуючих властивостей флюсу збільшується

довжина дуги і напруга на ній, в результаті чого зростає ширина шва і зменшується глибина провару.

Чим крупніший флюс, тим менше його об'ємна (насипна) вага. Флюси з малою об'ємною вагою (грубозернисті склоподібні і пемзоподібні) створюють менший тиск на газову порожнину зони зварювання, що сприяє отриманню більш широкого шва з меншою глибиною провару. Застосування дрібнозернистих флюсів з великою об'ємною вагою призводить до збільшення глибини провару і зменшенню ширини шва.

Попередній підігрів і подальша термічна обробка. Ці операції проводять зазвичай при зварюванні високовуглецевих і деяких марок легованих сталей, схильних до гартування. Попередній підігрів може дещо збільшити глибину провару.

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

- 1 Як підготувати кромку для зварювання?
- 2 Як виконуються прихватки?
- 3 У яких випадках використовують технологічні планки та як їх встановлюють?
- 4 Які технологічні прийоми використовують для запобігання витікання флюсу та металу?
- 5 Для чого застосовують зсув електрода при зварюванні та наплавленні циліндричних поверхонь?

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

- 1 Зварювальний автомат А1416, оснащений джерелом живлення ВДУ 1201.
- 2 Зварювальний дріт Св-08А, $\varnothing$ 4 мм. Сталеві пластини

200×400×(10-20) мм, флюс АН-348 або АН-20.

3 Зварювальна маска, брезентовий одяг зварювальника та брезентові рукавиці.

4 Молоток зварювальника.

5 Захисні окуляри (ДСТУ 12.4.003-83).

6 Станок відрізний.

7 Водний розчин азотної кислоти (7%), ємність для травлення

8 Станок заточувальний.

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1 До лабораторних робіт допускаються студенти після інструктажу з охорони праці та пожежної безпеки.

2 Забороняється включати електричні прилади без дозволу завідувача лабораторією чи викладача.

3 Забороняється проводити роботу без захисного одягу. Нагляд за проходженням процесу здійснювати тільки через захисну маску зварювальника, обладнану світлофільтром.

4 У випадку виявлення ушкоджень обладнання студент повинен негайно повідомити викладача чи завідувача лабораторією.

5 У випадку виникнення пожежі чи поразки електричним струмом студенти діють у відповідності з затвердженими інструкціями з охорони праці і пожежної безпеки.

6 При роботі із кислотами використовувати захисні окуляри, гумові рукавички.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Перед увімкненням автомату та джерела живлення необхідно перевірити стан заземлення. Перевірити кількість зварювального дроту та надійність фіксації бухти з дротом. Якщо кількість дроту обмежена двома витками, треба замінити бухту.

Визначитись із встановленою швидкістю подання

зварювального дроту та швидкістю зварювання. Вправа виконується на наступних режимах: струм зварювання $I_{зв} = 400-700$ А, напруга на дузі $U_d = 32-34$ В, швидкість зварювання $V_{зв} = 20-50$ м/год.

Увімкнути рубильник та вентиляцію. Увімкнути шафу управління установкою А1416.

Вправа 1. Дослідження впливу напруги на електроді на форму шва

Порядок виконання вправи

1. Встановити на робочому столі пластину. Перевірити співвісність шву та траєкторії переміщення електроду. Піджати електрод до поверхні пластини з вильотом 60-70 мм. Засипати лінію шва необхідною кількістю флюсу. Перевірити положення тумблера «Напрямок зварювання». Встановити напругу 35 В. Увімкнути джерело живлення. Включити кнопку „Пуск зварювання”. Виконати зварний шов на встановлених режимах. При необхідності під час зварювання плавно коригувати положення електроду відносно лінії шву, обертаючи ручку супорта. Після натиснення кнопки „Стоп зварювання” виключити джерело живлення. Охолодити пластину, видалити шлакову корку та заміряти ширину зварного шву.

2. Встановити пластину. Піджати електрод до поверхні пластини з вильотом 60-70 мм. Засипати лінію шва необхідною кількістю флюсу. Перевірити положення тумблера „Напрямок зварювання”. Включити джерело живлення. Включити кнопку „Пуск зварювання”. Виконати зварний шов на встановлених режимах при напрузі 45-50 В. Після натиснення кнопки „Стоп зварювання” виключити джерело живлення. Охолодити пластину, видалити шлакову корку та заміряти ширину зварного шву.

Вправа 2. Дослідження впливу струму на форму зварного шву.

Порядок виконання вправи.

Встановити на робочому столі пластину. Перевірити співвісність шву та траєкторії переміщення електроду. Піджати електрод до поверхні пластини з вильотом 60-70 мм. Засипати лінію шва необхідною кількістю флюсу. Перевірити положення тумблера „Напрямок зварювання”. Включити джерело живлення. Включити кнопку „Пуск зварювання”. Наплавити валик на режимах: $I_{зв} = 400-700$ А, напруга на дузі $U_d = 32-34$ В, швидкість зварювання $V_{зв} = 20-50$ м/год. Охолодити пластину. Видалити шлакову кірку та перевірити якість виконання наплавленого валика.

Змінити швидкість подачі дроту шляхом заміни шестерень. Повторити наплавлення валика. Після натиснення кнопки „Стоп зварювання” виключити джерело живлення. Видалити шлакову кірку та перевірити якість виконання наплавленого шару.

Розрізати пластину. Протравити торець пластини у 7 % розчині азотної кислоти. Промити водою та нейтралізувати кислоту содою. Промити та висушити зразок. Заміряти ширину та висоту наплавленого шару, зони термічного впливу. Зробити ескіз зварного шва.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

- 1 Схеми зварних з'єднань.
- 2 Схематичне зображення отриманих швів.
3. Аналіз помилок та методи їх уникнення.

8 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Биковський О. Г., Пінковський І. В. Довідник зварника. - К.: Техніка, 2002. - 336 с.
2. Серенко О.М., Роянов В.О. Зварювання. Вступ до спеціальності: Підручник. - Маріуполь: ПДТУ, 2008. – 260 с.
3. Шебеко Л.П. Оборудование и технология автоматической и полуавтоматической сварки. – М.: Высш. школа, 1981. - - 296 с.
4. Китаев А.М., Китаев Я.А. Справочная книга сварщика, - М.: Машиностроение, - 1985, - 256 с.
5. Горелов Б. С. Производственное обучение электросварщиков на автоматических и полуавтоматических машинах.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Высш. школа, 1979.— 136 с.