

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних занять №3
“Зварювання графітовим електродом”
з дисципліни "Навчальний практикум" для студентів спеціальності
131 «Прикладна механіка» заочної форми навчання

2016

Методичні вказівки до практичних занять №3 “Зварювання графітовим електродом” з дисципліни "Навчальний практикум" для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» заочної форми навчання / Укл.: С.П. Бережний, О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 14 с.

Укладачі: С.П. Бережний, канд. техн. наук, доцент

О.Є. Капустян, старш. викладач,

Рецензент: О.Г. Биковський, д-р техн. наук, проф.

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено

на засіданні кафедри ОТЗВ

Протокол № 3 від 27.10.2016

Затверджено

на засіданні НМК ІФФ

Протокол № 3 від 15.11.2016

ЗМІСТ

1 МЕТА РОБОТИ	4
2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	4
3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ	10
4 МАТЕРІАЛИ, ОБЛАДНАННЯ	11
5 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ	11
6 ЗМІСТ ЗВІТУ	13
7 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ	13
ЛІТЕРАТУРА	13

1 МЕТА РОБОТИ

Отримання практичних навиків виконання зварних з'єднань графітовим електродом.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

На даний час зварювання вугільним електродом застосовується обмежено, переважно для виробів, що не мають значних навантажень. Однак зварювання вугільної дугою все ж має промислове застосування. Для зварювання вугільної дугою пристосовуються електроди з електротехнічного вугілля і з синтетичного графіту. Електроди мають форму стержнів круглого перерізу діаметром 6-25 мм і довжиною 200-300 мм з кінцем, заточеним на конус. Графітні електроди в усіх відношеннях краще вугільних, і їм слід віддавати перевагу. Дуга запалюється між вугільним електродом і основним металом (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Зварювання графітовим електродом

Зазвичай застосовують постійний струм і пряму полярність (мінус на вугільному електроді). Вугільний електрод не плавиться в дузі, його кінець розігрівається до дуже високої температури і створює потужну термоелектронну емісію. Можливо підтримувати високу температуру катода і отримувати цілком стійку дугу вже при струмах 3-5 А. Вугільна дуга горить дуже стійко і може витягуватися

до значної довжини (30-50 мм). Електрод згорає повільно і не прилипає до основного металу.

Матеріал електрода витрачається на випаровування і згорає під дією кисню повітря; згорання йде на досить значній довжині розігрітого електрода. Для зменшення згорання електрод покривають шаром міді (0,1 мм). Робочий торець не обміднують і загострюють. Рекомендовані струми для графітних електродів високої якості наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Рекомендовані струми для графітних електродів

Діаметр електрода в мм	6	8	10	15
Струм в А	150	300	400	600

Вид вугільної дуги і її властивості різко змінюються при зворотній полярності, коли графітовий стержень стає анодом, а основний метал - катодом. Електрод на великій відстані розігрівається до дуже високої температури; спостерігається посилене випаровування його матеріалу; загострений кінець електрода притупляється і стає плоским. Дуга зворотної полярності має підвищену напругу, малостійка і не може бути розтягнута більш ніж на 10-12 мм при живленні від звичайних зварювальних випрямлячів.

Дуга прямої полярності практично не насичує вуглецем основний метал, вміст вуглецю в наплавленому металі навіть зменшується із-за вигорання вуглецю. Дуга зворотної полярності інтенсивно насичує вуглецем розплавлений метал, доводячи вміст при зварюванні низьковуглецевої сталі до $C = 0,8-1,0 \%$.

Вугільна дуга змінного струму, що живиться від звичайних зварювальних трансформаторів, недостатньо стійка і на практиці рідко застосовується.

Вугільна дуга легко відхиляється від нормального положення магнітними полями, потоками повітря, внаслідок неоднорідності поверхні металу. Для стабілізації становища дуги іноді застосовують допоміжне поздовжнє магнітне поле, створене соленоїдом, вісь якого збігається з віссю електрода. Цей прийом використовується головним чином в автоматах.

Для стабілізації становища дуги іноді по лінії зварювання наносять пасту або порошкоподібний флюс, які містять іонізатори дугового розряду. Цей спосіб успішно застосовується як при автоматичному, так і при ручному зварюванні. Вугільна дуга має

менший тепловий ккд, ніж дуга металева з електродом, що плавиться.

Хімічний склад, структура і механічні властивості металу, наплавленого вугільною дугою при зварюванні низьковуглецевої сталі, істотно не відрізняються від металу, наплавленого металевим електродом з тонким іонізуючим покриттям. Якість наплавленого металу можна покращити застосуванням спеціальних флюсів, що наносяться на основний або присадний метал.

Зварювання вугільною дугою може бути виконано з подачею присадного металу в дугу, але найбільш часто застосовується без подачі присадного металу в дугу. Це можливо при утворенні шва за рахунок розплавлення кромки основного металу або ж при переміщенні присадного металу на кромки шва до зварювання рис. 2.2. У цьому випадку при зварюванні сталі малої товщини (1-3 мм) досягають високої для ручного зварювання продуктивності праці - до 50-70 м/год зварного шва.

Напруга дуги 25-35 В. Невеликі зміни довжини дуги не роблять помітного впливу на якість зварювання. Вугільний електрод згорає досить повільно, не більше 5 мм/хв. Дуга вельми стійка, що зручно для механізації процесу. Для захисту наплавленого металу застосовуються захисні флюси у формі шнура, скрученого з паперу та просоченого розчинами різних солей, у формі пасти або порошку, що наносяться на метал до зварювання. В автоматах застосовується безперервна подача присадного дроту в дугу.

Тонколистову сталь можна зварювати дугою з вугільним електродом в середовищі вуглекислого газу. При взаємодії вуглекислого газу з твердим вуглецем утворюється окис вуглецю CO. Він є досить ефективним захисним газом, не розчинний в металі, відновлює оксиди і не впливає на вуглець, що міститься в металі. Достатньо невеликого вмісту CO в газовій суміші, щоб помітно поліпшити якість наплавленого металу.

Потік вуглекислого газу направляється в зону зварювання концентрично щодо електрода. Зварювання здійснюється постійним струмом прямої полярності. Зовнішня характеристика джерела живлення повинна бути крутопадаюча з напругою холостого ходу не нижче 65-70 В.

Цей спосіб зварювання застосовується для швів з відбортковою на сталі товщиною до 1,5-2 мм. При цьому можна отримувати шви з гарним формуванням у всіх просторових положеннях. При зварюванні

низьковуглецевої сталі на прямій полярності навуглицювання металу відсутнє.

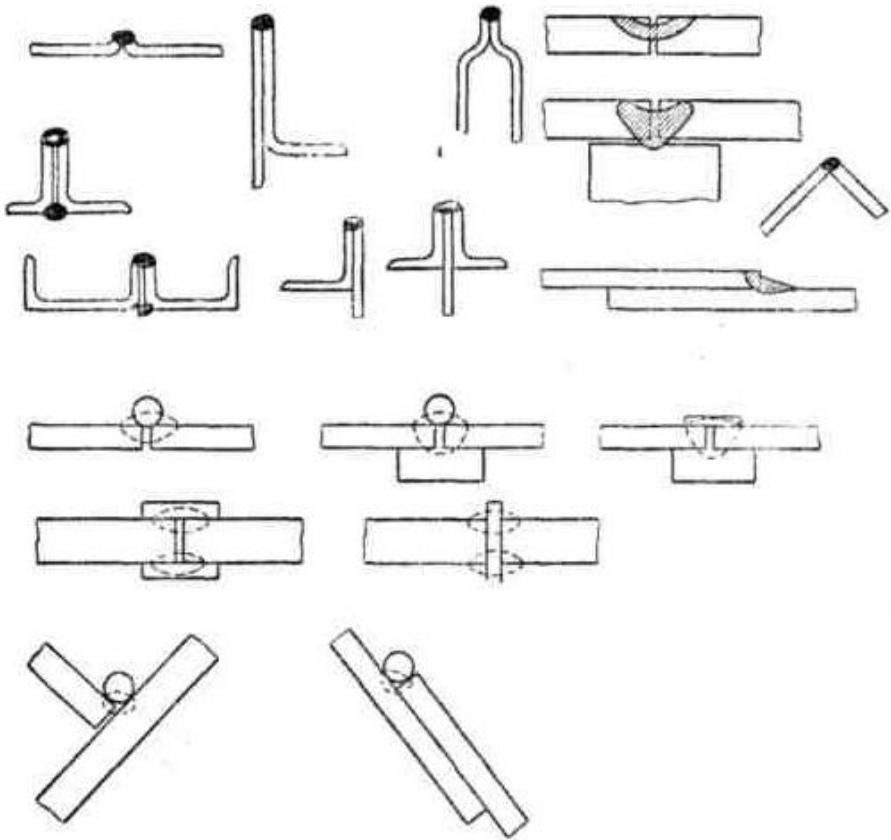


Рисунок 2.2 - Форми з'єднань для зварювання вугільною дугою

Зварювання вугільним електродом в середовищі вуглекислого газу в ряді випадків може з великим техніко-економічним ефектом замінити ацетиленокисневе зварювання на виробках з тонколистової низьковуглецевої сталі.

Вугільний електрод можна застосовувати для зварювання сталі, чавуну, алюмінію, міді, бронзи та інших металів і сплавів, для наплавлення порошкоподібних твердих сплавів, для деяких випадків різання і термообробки металів.

Під час паяння міді використовують графітові електроди. Дугу

спрямовують переважно на кінець стержня припою, який має торкатися основного металу. Дуга у цьому випадку не повинна розплавляти кромки виробу. У якості присадки використовують тугоплавкі мідні припої, які містять фосфор та кремній.

Зварювання міді вугільним електродом ведуть довгою дугою (10-15 мм) на постійному струмі прямої полярності, напруга 40-55 В.

Щоб уникнути утворення закису міді зварювання слід виконувати швидко, без зупинок і перерв, зі швидкістю не менше 0,25 м/хв. Кінець присадного прутка повинен знаходитися між кінцем електрода розплавленої ванни основного металу, не занурюючись в неї. Електрод тримають під кутом 70-90°, а присадний пруток - під кутом до 30° до зварюваного листу. Кращі результати отримують з графітовими електродами. Зварювання виконується електродами, заточеними на конус на 1/3 довжини електрода, постійним струмом прямої полярності (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 - Орієнтовні режими зварювання стикових з'єднань міді та її сплавів графітовим електродом

Товщина деталі, мм	Діаметр електрода, мм	Довжина дуги, мм	Струм, А
1	4	6-8	125-180
2	6	5-8	195-200
4	6	8-12	230-330
5	8	10-15	250-350
8	10-12	15-20	300-450
12	10-12	20-25	420-550
13	15	25-30	500-700

Для запобігання окислення металу і видалення закису міді застосовуються флюси таких складів табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Склад флюсів для зварювання міді

Найменування компонента	Вміст компонентів %, мас. част.			
	Номер флюсу			
	1	2	3	4
борна кислота	—	50	10-20	—
бура прокалена	100	50	60-70	50
кислий фосфорнокислий натрій	—	—	—	15
кремнієва кислота	—	—	—	15
древесне вугілля	—	—	—	20
поварена сіль	—	—	20-30	—

Процес зварювання ведеться довгою дугою, щоб уникнути шкідливого впливу на зварювальну ванну оксиду вуглецю (CO), що виділяється. З цією ж метою, а також у зв'язку з можливістю охолодження ванни присадку не занурюють у ванну, а тримають під кутом приблизно 30 ° до виробу на відстані 5-6 мм від поверхні ванни. Напруга на дузі визначається з виразу:

$$U_d = 18 + 1,8l_d$$

Для вугільного електрода діаметром 12-18 мм при довжині дуги 16-18 мм рекомендується знайдені значення збільшувати на 10-15 %. В середньому робоча напруга при зварюванні становить 40-50 В. Дріт, що розплавляється повинен краплями надходити в зварювальну ванну. У якості присадного металу використовують дріт з чистої (електролітичної) міді або з фосфористої бронзи. БрОФ9-0,3 складається з 90,2 % міді, 9,27 % олова, 0,25 % фосфору. Застосовуючи в якості присадного металу дріт, що містить такі розкислювачі, як фосфор, марганець, кремній (наприклад, типу БрКМц3-1), зварювання виконують без додаткових заходів захисту. Діаметри дроту або прутків залежать від товщини зварюваного металу і підготовки кромки. Залежність діаметра присадного дроту (пругів) від товщини зварюваного металу приведена в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 - Залежність діаметра присадного дроту (пругів) від товщини зварюваного металу

Товщина металу, мм	<1,5	1,5-2,5	2,5-4,0	4,0-8,0	8,0-10,0	>15
Діаметр присадки, мм	1,5	2	3	5	8	10

Для зварювання латуні використовують дріт з латуні марки ЛК60-0,5, ЛК80-3, ЛМц40-4,5 і ін., Для бронзи - литі стержні діаметром 5-12 мм того ж складу, що й основний метал. Флюс для зварювання міді вугільною дугою наносять на присадний дріт або засипають в оброблення. Латунь, щоб уникнути вигоряння цинку, зварюють зануреною дугою.

Зварювання вугільним електродом виконують «правим» і «лівим» способами. «Правий» спосіб більш продуктивний, так як на основному металі концентрується більше теплоти, що дозволяє вести зварювання стикових з'єднань з металу великої товщини без розділки кромки. Зварювання проводиться переважно в нижньому положенні

або при невеликому нахилі деталей, що зварюються на графітових підкладках з канавками.

Автоматичне зварювання під флюсом вугільним електродом виконується на постійному струмі прямої полярності з використанням стандартних флюсів, які застосовуються для зварювання сталі: АН-348А, ОСЦ-45 і ін. Вугільний (або графітовий) електрод заточують у виді плоскої лопатки, а присадку (з латуні або томпаку для розкислення металу шва цинком) закладають в стик. Зварювання ведеться дугою, закритою під флюсом. Початкова ділянка стикового з'єднання попередньо підігрівається замиканням електрода на виріб табл. 2.5. Застосовують графітові підкладки.

Таблиця 2.5 - Орієнтовні режими зварювання міді під флюсом вугільним електродом

Товщина деталі, мм	Розмір присадки, мм		Час підігріву, с	Швидкість зварювання, м/год
	Товщина	Ширина		
5	5	12	3-5	20
6	6	12	3-5	18
8	8	12	5-7	12
10	10	14	10-15	6-8

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Галузь використання зварювання графітовим електродом.
2. Як впливає полярність на процес зварювання?
3. Які особливості конструкцій зварних з'єднань, що виконуються графітовими електродами?
4. Яким чином стабілізують положення дуги графітового електрода?
5. Призначення та склад флюсів для зварювання міді.

4 МАТЕРІАЛИ, ОБЛАДНАННЯ

- 1 Зварювальний пост, оснащений джерелом живлення ВДУ-504.
- 2 Зварювальні електроди для змінного та постійного струму.
- 3 Зварювальна маска «хамелеон».
- 4 Сталеві пластини товщиною 2- 3, 5-10 мм.
- 5 Молоток зварювальника.
- 6 Брезентовий одяг зварювальника, брезентові рукавиці.
- 7 Захисні окуляри.
- 8 Графітовий електрод діаметром 6-8 мм.

5 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

5.1 Вправа перша. Запалення дуги та виконання наплавленого валика графітовим електродом

1. На сталевій пластині (6-10 мм) запалити дугу. Плавню розтягнути дугу до її обриву. Запалити дугу, стабільно утримувати довжину 8-12 мм.
2. Виконати вздовж накресленої лінії зварний шов завдовжки 50-60 мм без поперечних коливань електроду та присадного матеріалу.
3. Після охолодження деталі оглянути виконаний валик. З викладачем визначити помилки.
4. Виконати новий валик з урахуванням помилок.

5.2 Вправа друга. Виконання стикового зварного з'єднання

1. Зібрати на прихопках без зазору сталеві пластині завдовжки 100 мм.
2. Виконати зварний шов без присадного матеріалу.
3. Після охолодження оглянути виконаний шов. З викладачем визначити помилки.

4. Виконати новий шов з урахуванням помилок.

5.3 Вправа третя. Виконання валика з присадним матеріалом

1. На сталевій пластині (6-10 мм) накреслити лінію завдовжки 50-60 мм. Вздовж лінії виконати зварний шов з присадним матеріалом.
2. Після охолодження деталі оглянути виконаний валик. З викладачем визначити помилки.
3. Виконати новий валик з урахуванням помилок.

5.4 Вправа четверта. Виконання валика з відбортковою без присадного матеріалу

1. Скласти без зазору дві сталеві пластини ($\delta = 1-3$ мм). Вирівняти торці.
2. По торцях пластин виконати зварний шов без присадного матеріалу. Під час виконання шву домагатися рівномірного оплавлення крайків пластин та отримання рівномірного оплавлення.
3. Після охолодження деталі оглянути виконаний валик. З викладачем визначити помилки.
4. Виконати новий валик з урахуванням помилок.

5.5 Вправа п'ята. Виконання валика в напустку без присадного матеріалу

1. Скласти в напустку дві сталеві пластини ($\delta = 1-3$ мм).
2. Виконати зварний шов без присадного матеріалу. Під час виконання шву домагатися рівномірного оплавлення крайків верхньої пластини та зплавлення її з нижньою.
3. Після охолодження деталі оглянути виконаний валик. З викладачем визначити помилки.
4. Виконати новий валик з урахуванням помилок.

6 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Звіт повинен містити схеми зварних з'єднань, які вкаже викладач.
2. Розрахунок струму для зварювання електродами діаметром 3, 4 та 5 мм. Порівняльний аналіз розрахункових режимів з режимами, вказаними виробниками на пачці електродів.
3. Схематичне зображення положення отриманого шву, аналіз допущених помилок зварювання та методи їх уникнення.

7 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

- 1 До лабораторних робіт допускаються студенти після інструктажу з охорони праці і 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 із затвердженими інструкціями з охорони праці і пожежної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Теоретические основы сварки / Под ред. В.В. Фролова.- М.: Высшая школа, 1970. - 592 с.
2. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Редкол.: Г.А. Николаев и др. – М.: Машиностроение, 1979 – т. 4 / Под ред. Ю.Н. Зорина – 512 с.

3. Китаев А.М., Китаев Я.А. Справочная книга сварщика. - М.: Машиностроение, - 1985. - 256 с.
4. Хренов К.К. Сварка, резка и пайка металлов. – М.: Машиностроение. - 1973. – 408 с.