

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ
ЗВАРЮВАННЯ ПЛАВЛЕННЯМ ТА ТИСКОМ

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт у першому семестрі
для студентів напряму підготовки 131-Прикладна механіка, освітня
програма «Технології та устаткування зварювання»

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні кафедри технологій
зварювання та будівництва №10 від
18.03.2021 р.

Чернігів НУ«ЧП»2021

Технологія та устаткування зварювання плавленням та тиском. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт у першому семестрі для студентів напряму підготовки 131 – Прикладна механіка, освітня програма «Технології та устаткування зварювання». /Укл.: Болотов М.Г., – Чернігів: ЧНТУ, 2021. – 34 с.

Укладачі: Болотов Максим Геннадійович, кандидат технічних наук, доцент

Відповідальний за випуск: Прибисько Ірина Олександрівна, завідувач кафедри зварювального виробництва та автоматизованого проектування будівельних конструкцій, кандидат технічних наук, доцент

Рецензент: Ганєєв Тимур Рашитович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій зварювання та будівництва, Національного університету «Чернігівська політехніка»

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Лабораторна робота №1 - Правила, заходи та засоби техніки безпеки при зварюванні плавленням.....	5
2. Лабораторна робота №2 - Визначення технічних та технологічних характеристик покритих електродів.....	12
3. Лабораторна робота № 3 - Визначення технологічних характеристик плавлення електродів при ручному дуговому зварюванні.....	16
4. Лабораторна робота № 4 - Розрахунок та експериментальна перевірка режимів ручного дугового зварювання.....	19
5. Лабораторна робота № 5 - Дослідження продуктивності дугового зварювання покритим електродом.....	23
6. Лабораторна робота № 6 - Дослідження продуктивності і витрат матеріалу при зварюванні правим та лівим способом.....	28
Рекомендована література.....	33

ВСТУП

Дисципліна «Технологія та устаткування зварювання плавленням та тиском» займає одне з провідних місць в технологічній підготовці спеціалістів в галузі зварювання. Мета дисципліни – забезпечити теоретичну й практичну підготовку бакалавра в області проектування та впровадження технології зварювання плавленням сучасних конструкційних матеріалів.

Зварювання плавленням відноситься до спеціальних дисциплін. Її вивчення базується на фундаментальних та загально-інженерних дисциплінах. Безпосередньо вивчення зварювання плавленням забезпечують такі дисципліни: “Фізика”, “Інженерна та комп’ютерна графіка”, “Технологія металів і матеріалознавство”, “Теорія процесів зварювання”, “Зварювальні джерела живлення”.

Дисципліна “Технологія та устаткування зварювання плавленням” забезпечує вивчення таких дисциплін: “Напруження та деформації при зварюванні”, “Автоматичне керування зварюванням”, “Зварні конструкції”, “Виробництво зварних конструкцій”, “Контроль якості зварювання”.

Мета лабораторних робіт – придбання здобувачами вищої освіти (ЗВО) умінь і навичок щодо експериментального дослідження зварювально-технологічних властивостей і характеристик основних способів зварювання плавленням і зварювальних матеріалів на типовому універсальному зварювальному обладнанні, параметричної оптимізації техніки зварювання сталей і кольорових металів.

В процесі виконання лабораторних робіт мають місце вивчення та технологічні випробування типового зварювального обладнання в такій мірі, щоб ЗВО міг самостійно виконати зварювання стандартних з’єднань і нескладні експериментальні дослідження.

Лабораторна робота №1

ПРАВИЛА, ЗАХОДИ ТА ЗАСОБИ ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ЗВАРЮВАННІ ПЛАВЛЕННЯМ

Мета роботи - Вивчити правила техніки безпеки, засвоїти заходи та ознайомитись з засобами безпечної роботи при зварюванні плавленням.

1.1 Короткі теоретичні відомості

В процесах зварювання плавленням використовується електрична енергія, що перетворюється в теплову безпосередньо в зоні зварювання.

При порушенні правил техніки безпеки виникає небезпека впливу шкідливих факторів на працюючого, що може викликати:

- ураження електричним струмом;
- отруєння токсичними газами та пилом, що виділяються при зварюванні;
- ураження очей та відкритих ділянок шкіри ультрафіолетовим та світловим випромінюванням;
- порізи, проколи, механічні травми частіше всього кінцівок тіла апаратами, що рухаються, та їхніми окремими частинами і механізми;
- зниження працездатності від підвищеного рівня шуму при роботі потужних плазмотронів, джерел зварювального струму, вентиляторів та інших установок.

Деякі засоби зварювання мають специфічні небезпечні фактори. Так, при аргонодуговому та плазмовому зварюванні внаслідок підвищення температури дуги збільшується ультрафіолетове випромінювання та утворення озону в зоні зварювання. При плазмовому зварюванні і особливо при різанні та напиленні при високих робочих напругах рівень шуму може перевищити допустимі норми.

При електронно-променевому зварюванні використовуються високовольтні джерела струму (10...200 кВ), що обумовлює особливі вимоги техніки безпеки. Крім того, при бомбардуванні пучком електронів зварювальна ванна стає джерелом м'якого рентгенівського випромінювання. При прискорюючій напрузі більш як 30 кВ потрібен спеціальний захист від рентгенівських променів.

Із перелічених факторів ураження електричним струмом є дуже небезпечним, нерідко зі смертельним наслідком. Безпечною для людини є напруга 36 В та 12 В у вологих приміщеннях. Зварювальне обладнання підключається, як правило, до мережі з напругою 380 В, що значно перевищує допустимі норми з точки зору безпеки. Зварювальні роботи в більшості випадків виконуються так, що на зварювальний інструмент (держак, плазмотрон, пальник) і виріб, що зварюється, подається напруга при ручному та механізованому зварюванні до 80 В, при ручному плазмовому зварюванні та різанні - до 180 В, а при автоматизованому плазмовому зварюванні та різанні - до 500 В.

Міра ураження електричним струмом суттєво залежить від стану організму та його опору електричному струму. Струм, що проходить через тіло, може викликати больові відчуття, опіки, судороги м'язів, фібриляцію, смерть.

Зварювання плавленням супроводжується випаровуванням всіх металів, що зварюються, та легуючих елементів (Si, Mn, Al, Mg, Ti, Cu, Be, Zn та ін.), а також випаровуванням та розпадом компонентів зварювальних матеріалів (покритих електродів, флюсів, газів та ін.). В процесі охолодження пари металів та речовин, що утворюються (частіше всього оксидів) перетворюються в дрібнодисперсний пил з розмірами частинок менше 1...2 мкм. Дрібнодисперсні тверді частинки разом з газами (CO, HF, NO₂, O₂ та ін.) утворюють аерозоль.

Пари всіх металів є шкідливими речовинами для організму людини. Вони викликають ураження нервової системи (параліч, паркінсонізм, бронхіальна астма та ін.). Про міру шкідливості та їх сполуки, а також деяких газів, можливо робити висновок з гранично допустимих концентрацій речовин в робочій зоні (табл. 1.1).

Спосіб та режим зварювання, тип зварювальних матеріалів та склад основного металу суттєво впливає на міру шкідливості аерозолю та його кількість (табл. 1.2). В зв'язку з тим, що всі способи зварювання супроводжуються виділенням шкідливого аерозолю, обов'язкова надійна вентиляція в робочій зоні зварювальника.

Зварювальна дуга є потужним джерелом ультрафіолетового, світлового та інфрачервоного випромінювання. Найбільш шкідлива ультрафіолетова частина спектру випромінювання дуги. Недовгочасна дія дуги на незахищені очі (до 10... 15с) викликає гостре запалення очей - електрофтальмію. При тривалій дії дуги може розвинути катаракта (помутніння хрусталика). Інфрачервоне випромінювання дуги викликає опіки незахищених ділянок шкіри, обличчя, рук та ін.

Безпечність робіт при зварюванні плавленням може бути забезпечена системою організаційних заходів та технічних засобів. До основних організаційних заходів слід віднести:

- розробку інструкцій з техніки безпеки з урахуванням конкретних місцевих та специфічних зварювальних пристроїв та видачу їх кожному працюючому або розміщення їх на видному місці;
- проведення інструктажу з техніки безпеки: вступного та на робочому місці (первинний, повторний, позачерговий) з реєстрацією в спеціальному журналі;
- планування та утримання робочого місця з урахуванням вимог безпеки;
- навчання працюючих безпечним прийомам та методам роботи, використання засобів індивідуального захисту.

Технічні засоби захисту працюючих поділяються на 2 категорії: засоби колективного захисту та засоби індивідуального захисту.

Таблиця 1.1 – ГДК шкідливих речовин в робочій зоні зварювальника

Клас небезпечності	Речовина	ГДК мг/м ³
Надзвичайно небезпечні (1)	Берилій та його сполуки (BeO та ін.)	0.001
	Свинець та його сполуки (PbO, PbO ₂)	0.01
	Оксид хрому (Cr ₂ O ₃ , CrO ₂ та ін.)	0.01
	Торій (Th)	0.05
	Озон (O ₃)	0.1
Дуже небезпечні (2)	Марганець та його двоокис (Mn, MnO ₂)	0.3
	Фтористий водень (HF)	0.5
	Оксид ванадію (V ₂ O ₃ , V ₂ O ₅)	0.5
	Нікель та його оксиди (Ni, NiO, Ni ₂ O ₃)	0.5
	Оксид азоту (N ₂ O, NO, N ₂ O ₃ , NO ₃)	0.5
Помірно небезпечні (3)	Мідь та його окиси (CuO, Cu ₂ O)	1
	Двоокис кремнію (SiO ₂)	1
	Молибден та його сполуки	2...6
	Вольфрам та його карбід (WC)	6
	Окис цинку (ZnO)	6
Мало шкідливі (4)	Алюміній та його окис (Al, Al ₂ O ₃)	2
	Окис заліза (Fe ₂ O ₃)	6
	Титан та його окиси (TiO, TiO ₂)	10
	Окис вуглецю (CO)	20

В зварювальному виробництві застосовуються наступні засоби колективного захисту від небезпечних та шкідливих виробничих факторів:

- загальна та місцева вентиляція;
- світлозахисні пристрої (ширми, кабіни, щити);
- захисні засоби електроустаткування;
- пристрої захисного заземлення, автоматичного відключення та дистанційного управління електрозварювальним устаткуванням;
- захисні покриття, автоматичний контроль та сигналізація;
- дистанційне управління електронно-променевими установками з іонізаційним випромінюванням;
- захисні пристрої та дистанційне управління джерелами зварювального струму з підвищеним рівнем шуму;
- запобіжні пристрої на рухомих частинах зварювального устаткування.

Таблиця 1.2 – Обмін повітря при різних способах зварювання

Технологічна операція	Зварювальний матеріал	Аерозоль		Обмін повітря, м ³ на 1 кг витрати зварювального матеріалу
		Шкідлива речовина (Ш.Р.)	Ш.Р. на 1 кг зв. матеріалу	
РДЗ:	Електроди з покриттям : Кислим	Марганець	1,7-2,38	5700-8000

Низьковуглецевих сталей	АНО-6			
	Рутиловим АНО-3 АНО-4 АНО-5 МР-3 ОЗС-4	Марганець	0,59-1,87	2000-6200
	Основним УОНИ 13/65 АНО-7	Марганець Фтористий водень	2,13-2,7	3700-5100
Високолегованих сталей	Основним ОЗЛ-20 ЦТ-15 ЦЛ-9	Хромовий агідрид	0,1-0,595	10000-59500
Зварювання в вуглекислому газі	Зварювальний дріт Св-08Г2С	Окис заліза з домішками фтористого водню та марганцю	8	2000
Низьколеговані сталі Високолеговані сталі	Св-08Х19Н9Ф2С2	Хромовий ангідрид	05,-0,1	50000-100000
Автоматичне зварювання під флюсом низьковуглецевої сталі	Св-08А Флюси ОЦЦ-45 АН-348А	Фтористий водень Марганець	0,017-0,2	40-400
			0,012-0,07	40-250

Використовуються такі засоби індивідуального захисту зварювальника від небезпечних та шкідливих факторів: засоби захисту органів дихання (пневмомаски, респіратори); спецодяг (куртки, брюки, фартухи); спецвзуття (ботинки); засоби захисту рук (рукавиці), голови (каски, берети), обличчя та очей (щитки, маски), очей (окуляри), органів слуху (протишумові навушники): запобіжні пристрої (запобіжні пояси, діелектричні коврики, наколінники, налокітники, наплічники і т. ін.).

При роботі на висоті використовують верхолазні пояси (монтажні). А при роботі в теплокамерах, ємкостях та колодязях використовують страхувальну мотузку.

Специфічними засобами індивідуального захисту зварювальників є захисні щитки типів НН, ННГІ, РН, РНГІ та УН за ГОСТ 12.4.023-76 та скляні світлофільтри для захисту очей від шкідливих випромінювань дуги за ГОСТ 12.4. 080-79.

Корпус щитка виготовляють з матеріалу, що не проводить струм, стійкого до іскор і бризок розплавленого металу. Внутрішня поверхня матова і чорного кольору.

Таблиця 1.3 - Світлофільтри скляні, що рекомендуються для дугового зварювання за ГОСТ 12.4.080-79

Позначення світлофільтру	Діапазон зварювального струму (А), що рекомендується			
	Ручне дугове зварювання	Дугове зварювання в CO ₂	Аргонодугове зварювання	Плазмове зварювання
С-1	-	30-60	-	-
С-2	-	60-100	-	-
С-3	15-30	100-150	10-15	-
С-4 (Э-1)	30-60	150-175	15-20	-
С-5 (Э-2)	60-150	175-300	20-40	30-50
С-6 (Э-3)	150-275	300-400	40-80	50-100
С-7 (Э-3)	275-350	400-600	80-100	100-175
С-8 (Э-4)	350-600	600-700	100-175	175-300
С-9(Э-5)	600-700	700-900	175-275	300-350
С-10 (Э-5)	700-900	900	275-300	350-500
С-11	900	-	300-400	500-700
С-12	-	-	400-600	700-900
С-13	-	-	600	900

Фіксуючі пристрої корпусу щитків (масок) повинні витримувати не менше 3000 циклів (цикл - переміщення корпусу з одного фіксуючого положення в інше). Матеріал корпусу щитків не повинен горіти з швидкістю більше 75 мм/хв.. Коефіцієнт пропускання світла безбарвного корпусу повинен бути не менше 85%. НН - наголівний щиток з непрозорим корпусом.

ННП - наголівний щиток з непрозорим корпусом і з рухомою рамкою.

РН - ручний щиток з непрозорим корпусом.

РНП - ручний щиток з непрозорим корпусом та рухомою рамою.

УН - універсальний щиток.

Наприклад: щиток НН - Э-1 05У1 - ГОСТ 12.4.023-76 - позначення наголівного щитка з непрозорим корпусом і з світлофільтром за ГОСТ 12.4.080-79.

НН - наголівний щиток з непрозорим корпусом;

Э-1 - світлофільтр;

05- модифікація;

У- в кліматичному виконанні;

1 - категорія розміщення.

Рекомендації по вибору світлофільтрів - для основних процесів дугового та плазмового зварювання наведені в табл. 1.3.

1.2 Обладнання та матеріали

1. Пости для ручного та механізованого дугового зварювання.
2. Установки для автоматичного дугового під флюсом та плазмового зварювання.
3. Джерела живлення.

4. Балони з захисними газами.
5. Електровимірювальні прилади.
6. Зварювальні матеріали (електроди, флюси, газ, дрот),
7. Пластини з низько вуглецевої сталі.
8. Захисні щитки,
9. Світлофільтри.
10. Спецодяг, взуття та рукавиці.

1.3 Хід виконання роботи

1. Ознайомитись з постами для зварювання, способами для зварювання та зварювальним обладнанням в лабораторіях ручного та механізованого зварювання плавленням; технічними засобами захисту; організаційними заходами, що забезпечують безпечність робіт в лабораторіях; правилами подання першої допомоги потерпілому та порядком дії в разі виникнення пожежі.

2. Пройти вступний інструктаж з техніки безпеки при виконанні лабораторного практикуму зі зварювання плавленням.

3. Пройти інструктаж з техніки безпеки на робочих місцях з урахуванням особливостей способу зварювання, зварювального обладнання і засобів захисту, що використовуються.

4. Досконало вивчити правила, прийоми та засоби безпечної роботи на зварювальному устаткуванні (в складі бригади) на конкретному посту для зварювання з вказівки викладача.

5. Проаналізувати міру небезпеки шкідливих факторів, характерних для конкретного поста для зварювання включаючи:

- поразку електричним струмом;
- отруєння токсичними газами та аерозолем;
- ураження очей та відкритих ділянок шкіри від випромінювання;
- опіки;
- механічні травми;
- шкідливий вплив шуму.

1.4 Зміст звіту

1.4.1 Назва роботи, мета і короткі теоретичні відомості

1.4.2 Перелік шкідливих небезпечних факторів, характерних для конкретного зварювального поста.

1.4.3 Висновки по роботі.

1.5. Контрольні питання

1. Перерахуйте основні небезпечні та шкідливі фактори при зварюванні плавленням.

2. Які із наведених небезпечних та шкідливих факторів характерні для дугового зварювання?
3. Яка напруга є безпечною для людини при роботі в постах для дугового зварювання?
4. Які види випромінювань електричної дуги носять небезпечний характер для зварювальника та оточуючих?
5. Які саме шкідливі речовини виділяються в робочій зоні зварювальника?
6. Перерахуйте засоби індивідуального захисту від шкідливих факторів та речовин?
7. Перерахуйте засоби колективного захисту від шкідливих факторів та речовин?
8. Перша допомога потерпілому при ураженні електричним струмом.

Лабораторна робота № 2

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОКРИТИХ ЕЛЕКТРОДІВ

Мета роботи: Закріпити та поглибити знання про зварювальний матеріал покритих електродів. Отримати навички по оцінці якості і визначенню основних технічних та технологічних характеристик покритих електродів.

2.1 Короткі теоретичні відомості

Металевий покритий електрод - це стержень певних розмірів, на поверхні якого напресовуванням або окунанням нанесено спеціальні покриття (рис. 2.1).

Електродні покриття створюють при зварюванні захист розплавленого металу в процесі його переносу та в самій зварювальній ванні від кисню та азоту в повітрі, стабілізують горіння дуги, очищують метал зварювальної ванни від шкідливих домішок, легують метал шва, покращують його властивості. Склад і товщина покриття впливають на ефективність захисту розплавленого металу, глибину проплавлення і форму шва, перенесення та втрати електродного металу, витрати покритих електродів, стабільність процесу та ін.

Сталеві покриті електроди для ручного дугового зварювання та наплавлення поділяються: за призначенням, за товщиною покриття в залежності від

відношення діаметру електрода з покриттям D до діаметра стержня d , за видом покриття, за якістю, тобто точністю виготовлення, стану поверхні покриття, суцільності металу шва виконаним даним електродом, за допустимими просторовими положеннями, за родом струму і полярності.

По товщині покриття в залежності від відношення діаметру D і діаметру стержня d розрізняють електроди: з тонким покриттям ($D/d \leq 1,20$) - М; з середнім покриттям ($1,20 \leq D/d \leq 1,45$) - С; з товстим покриттям ($1,45 \leq D/d \leq 1,80$) - Д; з особливо товстим покриттям ($D/d > 1,80$) - Г. Абсолютна товщина покриття S_n визначається:

$$S_n = \frac{D-d}{2} \quad (2.1)$$

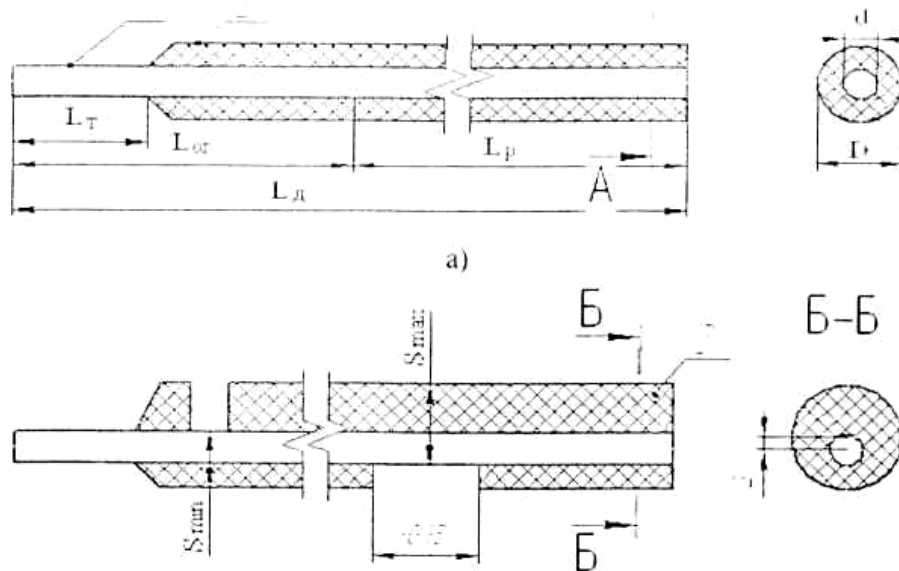


Рисунок 2.1 - Основні конструктивні елементи покритих електродів: а) 1 - стержень; 2 - покриття; б) 3 - покриття нанесене з ексцентриситетом.

Стержень і покриття повинні бути співвісними. В випадку ексцентриситету створюється односторонній «козилок», що викликає небажані відхилення дуги в бік меншої товщини покриття. Ексцентриситет покриття визначають Δ :

$$\Delta = \frac{S_{max} - S_{min}}{2} \quad (2.2)$$

Одним з основних критеріїв якості і економічності покритих електродів є коефіцієнт втрат на розбризкування ψ_p :

$$\psi_p = \frac{M_{рст} - M_n}{M_{рст}} \cdot 100 \quad (2.3)$$

де $M_{рст}$ - маса розплавленої частини стержня (г/А·год); M_n - маса наплавленого електродного металу (г) при силі зварювального струму (А) за час (t).

Так, при ручному дуговому наплавленні електродами з тонким покриттям коефіцієнт наплавлення буде $\psi = 10-20\%$.

Втрати електродного металу на огарки також можуть бути значними, ($\psi_{ог}$)%:

$$\psi_{ог} = \frac{M_{ст}}{M_{рст}} \cdot 100 \quad (2.4)$$

де $M_{ст}$ - маса стержня невикористаної частини електрода довжиною $l_{ог}$. Загальні втрати електродного металу на розбризкування та огарки, (ψ_n)%: визначається:

$$\psi_n = \psi_p - \psi_{ог} = \frac{M_{рст} - M_n - M_{ст}}{M_{рст}} \cdot 100 \quad (2.5)$$

Витрату покритих електродів зручно розраховувати користуючись коефіцієнтом витрат електродів:

$$K_F = \frac{M_e}{M_n} \quad (2.6)$$

M_e - маса електрода з покриттям (г).

Чим більша маса покриття, тим більше коефіцієнт витрат електрода і, отже, маса витрачених електродів. Тому покриті електроди ще характеризуються коефіцієнтом маси покриття:

$$K_{\Pi} = \frac{M_{\Pi}}{M_{\text{мст}}} = \frac{M_e - M_{\text{ст}}}{M_{\text{стп}}} \quad (2.7)$$

Де M_n - маса електродного покриття (г); $M_{\text{стп}}$ - маса частини стержня, на яку нанесено покриття (г).

2.2 Обладнання та матеріали

Пост для ручного дугового зварювання на постійному або змінному струмі. Ваги з цифровою індексацією. Слюсарний інструмент. Штангенциркуль. Електроди декількох марок $d=3...5$ мм. Металеві пластини $200 \times 100 \times 5$ мм з низьковуглецевої, низьколегованої сталі. Металева масштабна лінійка (до 300 мм).

2.3 Хід виконання роботи

2.3.1 Визначити розміри основних конструктивних елементів покритих електродів декількох марок і встановити тип покриття по їх товщині. Виміряти діаметр D електрода з покриттям, діаметр d стержня і довжину L_e електрода, визначити відношення D/d , товщину покриття S_n . Розрахувати ексцентриситет Δ . Для цього в трьох місцях по довжині електрода зі зміщенням на 120° по окружності зняти покриття з однієї сторони і виміряти $S1, S2, S3$.

2.3.2 Визначити коефіцієнт маси покриття, виміряти довжину $l_{\text{ст}}$ стержня, на який нанесено покриття. Зважити покритий електрод і знайти масу M_e . Визначити коефіцієнт K_m маси покриття.

2.3.3 Визначити коефіцієнт витрат електродного металу на розбризування ψ_p та огарки ψ_{o2} . Зважити пластину основного металу до наплавлення, визначити масу M_1 . Здійснити наплавку різними електродами. Очистити пластину з наплавленим металом від шлаку та бризок і зважити (визначити масу M_2). Визначити довжину l_{o2} огарка. Розрахувати коефіцієнти витрат на розбризування ψ_p і огарки ψ_{o2} . Визначити загальні втрати ψ_n електродного металу.

2.3.4 Визначити коефіцієнт витрати електрода K_p .

2.3.5 Оцінити якість досліджуваних марок електродів і відповідність їх вимогам ДСТУ і паспортів.

Таблиця 2.1 – Результати вимірювань та розрахунків

Тип покриття, марка електрода	Довжина електрода L_e , мм	Діаметр електрода з покриттям D , мм	Діаметр стержня d , мм	Товщина покриття S_p , мм	Співвідношення D/d	S_1 , мм	S_2 , мм	S_3 , мм	Маса стержня $M_{ст}$, г	Ексцентриситет покриття Δ , мм	Маса електрода M_e , г	Довжина частини електрода з покриттям $L_{ст}$, мм	Коефіцієнт маси покриття K_p
-------------------------------	------------------------------	--	--------------------------	-----------------------------	----------------------	------------	------------	------------	---------------------------	---------------------------------------	--------------------------	---	--------------------------------

Продовження таблиці 2.1

Маса пластини до наплавки M_1 , г	Маса пластини після наплавки M_2 , г	Маса наплавленого металу M_n , г	Довжина розплавленої частини електрода L_p , мм	Маса розплавленої частини стержня $M_{рст}$, г	Втрати на розбризкування Ψ_p , %	Довжина огарка $L_{ог}$, мм	Маса стержня огарка $M_{ог}$, мм	Втрати металу на огарки $\Psi_{ог}$, г	Загальні втрати Ψ_p , %	Коефіцієнт витрат електродів K_n
-------------------------------------	--	------------------------------------	---	---	---------------------------------------	------------------------------	-----------------------------------	---	------------------------------	------------------------------------

2.4 Зміст звіту

- 1.4.4 Назва роботи, мета і короткі теоретичні відомості
- 1.4.5 Порядок виконання роботи
- 1.4.6 Розрахунки відповідних коефіцієнтів зі значеннями та формулами.
- 1.4.7 Результати розрахунків представляють у вигляді таблиці
- 1.4.8 Висновки по роботі.

2.5 Контрольні запитання

- 2.5.1. Назвати основні конструктивні елементи покритих електродів.
- 2.5.2. Як класифікують електроди за товщиною покриття, за видом покриття?
- 2.5.3. Чому обмежується ексцентриситет покриття і які фактори роблять на нього вплив?
- 2.5.4. Як визначити втрати електродного матеріалу на розбризкування і від чого вони залежать?
- 2.5.5. Як визначається товщина покриття та ексцентриситет покриття?
- 2.5.6. Дайте поняття коефіцієнта маси покриття і поясніть як його можна визначити.
- 2.5.7. Електроди яких розмірів знаходять найбільш широке застосування на виробництві?

ЛАБОРОТОРНА РОБОТА №3

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОДІВ ПРИ РУЧНОМУ ДУГОВОМУ ЗВАРЮВАННІ

Мета роботи: Виявити вплив марки електроду, сили зварювального струму, його роду та полярності на величину коефіцієнтів розплавлення, наплавлення та втрат на розбризування випаровування та окислення при ручному дуговому зварюванні.

3.1 Короткі теоретичні відомості

До технологічних характеристик наплавлення електродів відносяться: коефіцієнти розплавлення, наплавлення і втрат на розбризування, випаровування та окислення. Ці технологічні характеристики визначаються експериментально і дозволяють судити про продуктивність та економічність процесу зварювання тією чи іншою маркою електродів.

Масу розплавленого металу електроду (G_p) за час горіння дуги визначається знаючи масу металу електроду до зварювання ($m_{мет до зв}$) і масу металу електроду після зварювання ($m_{мет після зв}$) за формулою:

$$G_p = m_{мет.ел. до зв} - m_{мет.ел. після зв} \quad (3.1)$$

Необхідні маси металу електрода знаходять за допомогою його об'ємів до зварювання ($V_{мет до зв}$) і після зварювання ($V_{мет після зв}$), а також густину сталі, за формулою:

$$G_p = \rho \cdot V_{мет.ел. до зв} - \rho \cdot V_{мет. ел. після зв} \\ \text{або} \\ \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot (L_{ел. до зв} - L_{ел. після зв}) \quad (3.2)$$

де ρ - густина сталі, г/мм³ ;

R - радіус електрода, мм;

$L_{ел до зв}$ - довжина електрода до зварювання, мм;

$L_{ел після зв}$ - довжина електрода після зварювання, мм.

Масу наплавленого металу електрода за час горіння дуги (G_n) визначається знаючи масу пластини до зварювання ($m_{плс. до зв}$) і після зварювання ($m_{плс. посл. зв}$) за формулою:

$$G_n = m_{пл. після зв} - m_{пл. до зв} \quad (3.3)$$

Коефіцієнт розплавлення (г/А·год) визначається за формулою:

$$\alpha_p = \frac{G_p}{I \cdot t} \quad (3.4)$$

де G_p - маса розплавленого металу електроду (г) за час горіння дуги (годин);

I - сила зварювального струму (А).

Коефіцієнт наплавлення (г/А·год) визначається за формулою:

$$\alpha_H = \frac{G_H}{I \cdot t} \quad (3.5)$$

де G_H – маса наплавленого металу (г) при силі зварювального струму I (А) за час t (годин), одержаного за рахунок металевго стержня та додаткового металу, якщо він міститься в покритті електроду.

Коефіцієнт втрат (%) визначається як:

$$\Psi = \frac{G_p - G_H}{G_p} \cdot 100\% \quad (3.6)$$

і характеризує втрати металу на випаровування, окислення та розбризування.

Значення розглянутих коефіцієнтів залежить від марок електродів (складу металевго стержня та покриття), величини, роду та полярності струму.

Для найбільш поширених електродів, призначених для зварювання низько вуглецевих сталей, що не мають в покритті додаткового металу коефіцієнти дорівнюють:

$$\alpha_p = 7 \dots 13 \text{ г/А} \cdot \text{год}; \alpha_H = 6 \dots 12,5 \text{ г/А} \cdot \text{год}; \Psi = 5 \dots 25\%$$

3.3 Обладнання та матеріали

Електроди марок АНО-4 та УОНИ 13/45 діаметром 5мм (по 6шт.). Електроди марки АНО-4 діаметром 4мм (10шт.) і 3мм (3шт.). Пластини з маловуглецевої сталі 150×150×10 (5 шт.). Пости ручного зварювання постійного та змінного струму з амперметрами та вольтметрами. Секундомір. Ваги з набором важків від 1г до 5кг. Штангенциркуль. Металева масштабна лінійка (до 250мм). Засоби індивідуального захисту зварювальника.

3.3 Хід виконання роботи

3.3.1. Зважити пластину, на яку буде здійснюватися наплення.

3.3.2. Визначити масу металевго стержня електроду по відомому його діаметру і довжині.

- 3.3.3. Здійснити наплавлення на пластину електродом марки АНО-4 діаметром 5мм на зворотній полярності. В процесі наплавлення замітити дійсну силу зварювального струму та час горіння дуги в секундах.
- 3.3.4. Після наплавлення зачистити валик до металевого блиску від шлаку та бризок.
- 3.3.5. Зважити пластину після наплавлення та визначити вагу металевого стержня в огарку електроду.
- 3.3.6. Дослід повторити 3 рази.
- 3.3.7. Дані визначень в пп. 1-6 занести в таблицю 3.1.
- 3.3.8. Обчислити коефіцієнти розплавлення, наплавлення та втрат, користуючись формулами 2.1, 2.2, 2.3. Звернути увагу на те, що час горіння дуги вимірювався в секундах.
- 3.3.9. Пункти 1-8 повторити для електродів УОНИ 13/45 або іншої марки діаметром 5мм на зворотній полярності.
- 3.3.10. Користуючись електродами АНО-4 на прямій полярності визначити залежність α_p , α_n та ψ від зварювального струму та діаметра електроду.
- 3.3.11. Зробити висновки з одержаних результатів.

Таблиця 3.1 - Результати розрахунків

№ досліду	Марка та діаметр електроду	Режим зварювання		Час наплавлення t, с	Довжина електроду, мм		Вага пластини, г		$G_p, \text{г}$	$G_n, \text{г}$	$\alpha_p, \text{г}/(\text{А} \cdot \text{год})$	$\alpha_n, \text{г}/(\text{А} \cdot \text{год})$	$\psi, \%$
		$I_{зв}$	U_d		До зварювання	Після зварювання	До зварювання	Після зварювання					

3.4 Зміст звіту

- 3.4.1 Назва роботи, мета і короткі теоретичні відомості.
- 3.4.2 Описання методики проведення дослідів та їх результати у вигляді графіків та таблиць.
- 3.4.4 Висновки по роботі.

3.5 Контрольні запитання

- 3.5.1. Дати визначення коефіцієнтам розплавлення та втрат.
- 3.5.2. Які риси процесу зварювання характеризують ці коефіцієнти?
- 3.5.3. Як залежать ці коефіцієнти від величини і полярності струму та від діаметру електроду?
- 3.5.4. Привести методику визначення цих коефіцієнтів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

РОЗРАХУНОК ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА РЕЖИМІВ РУЧНОГО ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

Мета роботи: Одержати досвід розрахункового визначення параметрів режиму ручного дугового зварювання та їх експериментальної перевірки.

4.1 Короткі теоретичні відомості

Режимом зварювання називають сукупність основних параметрів та показників, які виражають стабільне ведення процесу зварювання, що забезпечують одержання зварних швів заданих розмірів, форми та якості.

При ручному дуговому зварюванні до таких параметрів відносяться діаметр електроду d_e , величина зварювального струму $I_{зв}$, напруга на дузі U_d , швидкість зварювання $V_{зв}$.

Визначення режиму ручного дугового зварювання, звичайно починають з вибору діаметра електроду в залежності від товщини основного металу при зварюванні в стик і катета шва при зварюванні таврових та кутових з'єднань.

Таблиця 4.1 - Практичні рекомендації з вибору діаметра електроду

Товщина деталей що зварюється, мм	1,5...2	3	4...8	9...12	13...15	16...20
Діаметр електроду що рекомендується, мм	1,6...2	3	4	4...5	5	5...6

Наступним етапом визначається величина зварювального струму, що залежить від діаметра електроду і допустимої густини струму:

$$I_{зв} = \frac{\pi \cdot d_{ел}^2}{4} \cdot j \quad (4.1)$$

де $I_{зв}$ - струм зварювання, А; $d_{ел}$ - діаметр електроду, мм; j - допустима густина струму, (А/мм²).

Допустима густина струму залежить від діаметра електроду і від виду покриття (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2 - Залежність допустимої густини струму від діаметра електроду і виду покриття

Вид покриття	Допустима густина струму в А/мм ² для $d_{ел}$			
	3	4	5	6
Рудно-кисле, ругилове	14-20	11,5-16	10-13,5	9,5-12,5
Фтористо-кальцієве	13-18,5	10-14,5	9-12,5	8,5-11

Для приблизних розрахунків величина зварювального струму може бути визначена також з однієї із наступних емпіричних формул:

$$I_{зв} = k \cdot d_{ел} \quad (4.2)$$

$$I_{зв} = d_{ел}(k_1 + \alpha \cdot d_{ел}) \quad (4.3)$$

де $I_{зв}$ - зварювальний струм в амперах; $d_{ел}$ - діаметр електроду в мм; k , k_1 , α - емпіричні коефіцієнти: $k = 25 \dots 60$; $k_1 = 20$; $\alpha = 60$.

При зварюванні електродами діаметром більше 4мм можливо користуватись формулою (4.2) і (4.3), а при $d_{ел} < 4$ слід користуватись формулою (4.4):

$$I_{зв} = 30d_{ел} \quad (4.4)$$

Напруга на дузі при ручному зварюванні змінюється незначно і при проектуванні технологічних процесів зварювання вибирається відповідно рекомендацій паспорту на дану марку електродів. Для більшості випадків напруга U_0 вибирається в межах 22...26 В.

Швидкість зварювання може біти визначена як:

$$V_{зв} = \frac{\alpha_n \cdot I_{зв}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_H} \quad (4.5)$$

де $V_{зв}$ - швидкість зварювання (см/сек); α_n - коефіцієнт наплавлення в г/А·год; γ - питома маса наплавленого металу в г/см³; F_H - площа поперечного перерізу наплавленого металу (см²).

Для випадку без розробки кромки рис. 4.1 підраховується за формулою:

$$F_H = F_1 + F_2 = \frac{2}{3} \cdot e \cdot g + h \cdot b \quad (4.6)$$

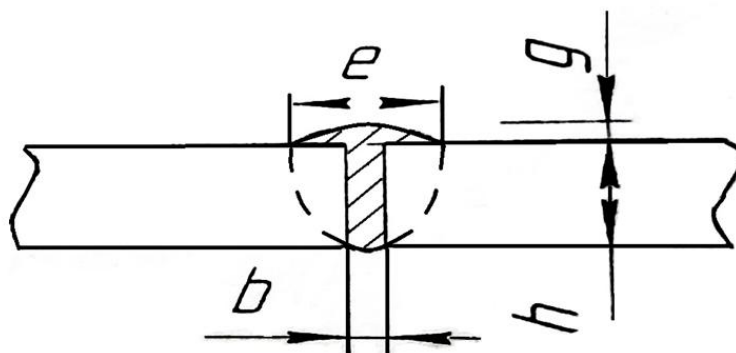


Рисунок 4.1 - Зварне з'єднання без розробки кромки.

4.2 Обладнання та матеріали

Пластини з мало вуглецевої сталі 200x50x10 (2шт.). Електроди АНО-4 діаметром 3, 4, 5мм по 2шт. Пост ручного дугового зварювання з амперметром і вольтметром. Секундомір. Масштабна лінійка, штангенциркуль. Засоби індивідуального захисту зварювальника.

4.3 Хід виконання роботи

4.3.1 Провести розрахунок режимів зварювання для двох пластин встик. Значення визначених параметрів режиму зварювання занести в таблицю 4.

Таблиця 4.3 - Результати розрахунків

Товщина пластини, що зварюються, мм	$d_{ел}$, мм	$I_{зв}$, А	$V_{зв}$, м/год	$U_{д}$, В
-------------------------------------	---------------	--------------	------------------	-------------

4.3.2 На розрахованих параметрах режиму таблиці 4.3 виконати ручне дугове зварювання двох пластин встик. Особливу увагу звернути на додержання постійної, максимально співпадаючої з розрахунковою, швидкості зварювання.

Слід врахувати, що при надзвичайно великій швидкості зварювання може бути не провар через недостатню кількість тепла, що вводиться на одиницю довжини шва.

При занадто малій швидкості переміщення електроду вздовж стику утворюється дуже велика кількість рідкого металу, який затікає перед дугою і перешкоджає впливу дуги на зварювання в корені шва, що також приводить до не провару і незадовільного формування шва.

4.3.3 Зробивши поперечний переріз шва, зовнішнім оглядом оцінити якість його та відповідність одержаних розмірів шва заданим.

4.4 Зміст звіту

4.4.1 Назва роботи, мета і короткі теоретичні відомості.

4.4.2 Описати методику визначення ручного дугового зварювання та надати результати розрахунків в вигляді таблиці. Привести рисунок поперечного перерізу з заданими розмірами.

4.4.3 На основі зовнішнього огляду завареного шва зробити висновки про відповідність одержаних розмірів заданим і про якість шва.

4.5 Контрольні запитання

4.5.1 Якими параметрами характеризується режим ручного дугового зварювання?

4.5.2 Привести порядок розрахунків режиму ручного дугового зварювання.

4.5.3 В залежності від чого вибирається діаметр електроду?

4.5.4 Як розраховується швидкість зварювання?

4.5.5 Як впливає занадто велика або мала швидкість зварювання на якість шва і чому?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ПОКРИТИМ ЕЛЕКТРОДОМ

Мета роботи: Закріпити і поглибити знання о критеріях продуктивності дугового зварювання електродом, що плавиться.

5.1 Короткі теоретичні відомості

Продуктивність будь-якого виробничого процесу визначається кількістю виготовленої продукції за одиницю часу на одиницю продукції.

Основним завданням зварювального процесу є утворення зварювального з'єднання. Тому продуктивність зварювання буде характеризуватись довжиною або площею з'єднання, одержаною за одиницю часу або витратами часу на створення одиниці довжини або площі зварного з'єднання.

При дуговому зварюванні плавким електродом можна виділити два варіанти утворення шва і, отже, зварного з'єднання: проплавленням основного металу і наплавленням електродного металу. Перший варіант утворення шва спостерігається при однопрохідному чи двопрохідному зварюванні (рис. 5.1а). При цьому наплавлення електродного металу не є обов'язковим, хоча без нього процес зварювання плавким електродом неможливий. Другий варіант утворення шва спостерігається при багатопрохідному зварюванні (рис. 5.1б). При цьому обов'язкова розробка кромки або зазор, які виконуються при зварюванні електродним металом. Наплавлення електродного металу - необхідна умова утворення шва і з'єднання.

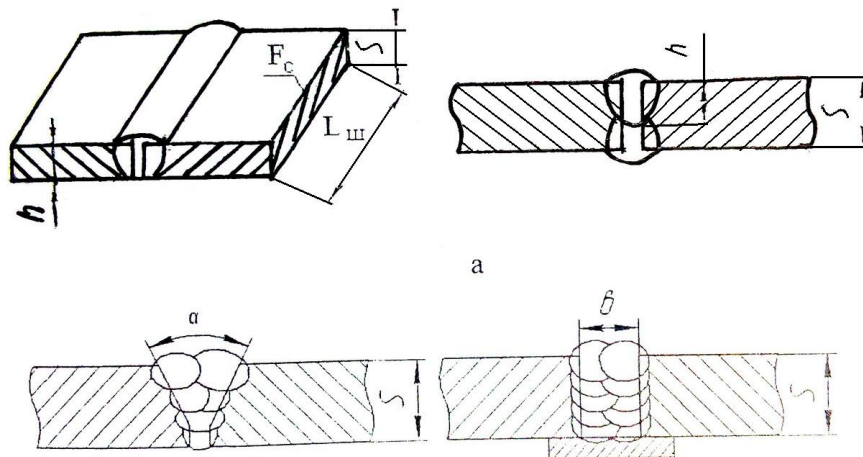


Рисунок 5.1 - Варіанти утворення зварних швів і з'єднань при дуговому зварюванні плавким електродом: а - одно- або двопрохідний шов, що формується переважно за рахунок проплавлення основного металу; б - багатопрохідний шов, що формується переважно за рахунок наплавлення електродного металу.

Одно- або двопрхідне зварювання завжди продуктивніше нїж багатопрхідне. Проте якщо глибина проплавлення виявляється менше товщини S металу, що зварюється, використовують багатопрхідне зварювання.

Найбїльш унїверсальним критерїєм продуктивностї зварювання слїд вважати їдеальний час утворення з'єднання або питомий час зварювання, що визначається витратами часу на утворення одиницї площї з'єднання (τ_c):

$$\tau_c = \frac{t_c}{F_c} = \frac{t_c}{L_{ш}S} = \frac{t_c}{V_c \cdot S} \quad (5.1)$$

де t_c - час зварювання (с); F_c - площа зварного з'єднання (см²); $L_{ш}$ - довжина шва (м); S - товщина металу, що зварюється (мм); V_c - середня швидкїсть зварювання (мм/с).

При одно- або двопрхідному зварюваннї в якостї критерїю продуктивностї можна використовувати швидкїсть зварювання.

$$V_c = \frac{L_{ш}}{t_c} \text{ або } V_c = \frac{L_{ш}}{2t_c} \quad (5.2)$$

Проте швидкїстю зварювання можна оцїнити продуктивнїсть порївнюваних варїантїв зварювання в тому випадку, якщо товщина металу, що зварюється буде однаковою.

В випадку багатопрхідного зварювання поряд з критерїями продуктивностї зварювання τ_c і V_c можна використовувати масову швидкїсть Q_n наплавлення електродного металу або коефїцїента наплавлення α_n оскїльки цї критерїї визначають заповнення розробки кромки металом електроду, що наплавляється.

Коефїцїент наплавлення α_n визначається масою наплавленого електродного металу M_n за одиницю часу зварювання τ_c при зварювальному струмї I_c в 1 А:

$$\alpha_n = \frac{M_n}{I_c \cdot t_c} \quad (5.3)$$

Масова швидкїсть Q_n наплавленого електродного металу характеризується масою M_n наплавленого електродного металу за одиницю часу зварювання t_c :

$$Q_n = \frac{M_n}{t_c} \quad (5.4)$$

Масову швидкїсть наплавлення можна виразити через коефїцїент наплавки:

$$Q_H = \alpha_H \cdot I_c \quad (5.5)$$

Для визначення марки покритих електродів коефіцієнт наплавки α_H мало змінюється в широкому діапазоні режимів зварювання. Тому для даної марки електродів масова швидкість наплавлення істотно залежить від значення струму і діаметру електрода.

5.2 Обладнання та матеріали

Набір покритих електродів різних марок та діаметрів. Пластини з вуглецевої сталі 100×100×10мм. Пристосування для зварювання складованих зразків. Пост для ручного дугового зварювання на постійному або змінному струмі з амперметром та вольтметром. Секундомір. Ваги з цифровою індикацією. Масштабна лінійка та штангенциркуль. Слюсарний інструмент. Засоби індивідуального захисту зварювальника.

5.3 Хід виконання роботи

5.3.1. Експериментально визначити вплив діаметру електрода і зварювального струму на показники продуктивності ручного дугового зварювання покритими електродами (V_c , τ_c , α_H , Q_H).

5.3.2. Підготувати електроди одного типу покриття і марки, але різних діаметрів (3...6мм).

5.3.3. Підготувати складовані зразки (рис. 5.2). Промаркувати і визначити масу складованих зразків, зважити їх з точністю 0.1г.

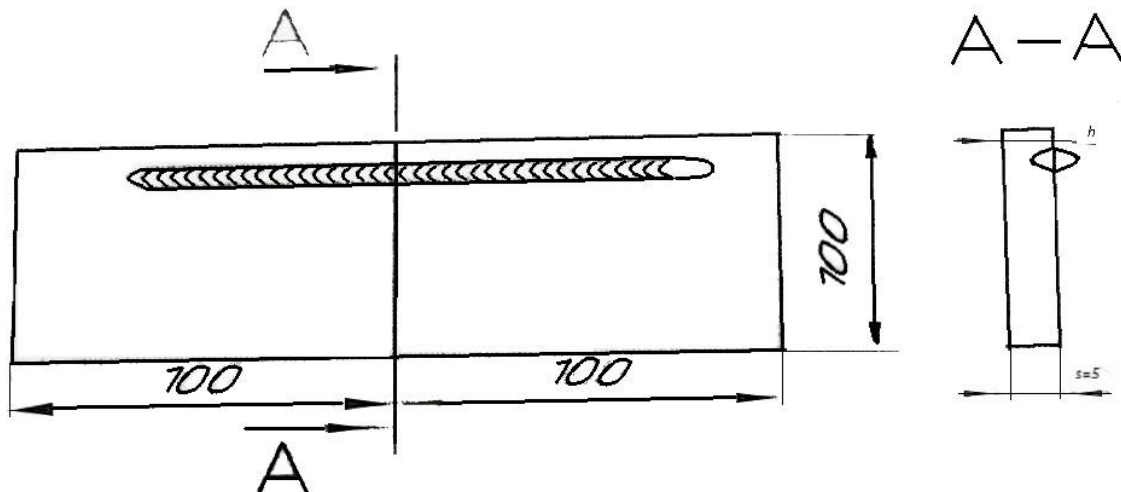


Рисунок 5.2- Складований зразок для наплавлення

5.3.4. Розрахувати по залежності $I_c = (20 + 6d_e) \cdot d_e$ оптимальний струм для даного електрода. Встановити орієнтовний зварювальний струм по шкалі джерела живлення. Виконати пробне наплавлення на допоміжній пластині.

5.3.5. Виконати наплавлення на складованому зразку при оптимальному для даного діаметру електрода зварювальному струмі. В процесі зварювання

фіксувати по приладам показання струму, а секундоміром - час зварювання. Охолодити пластину під струменем води, зачистити від шлаку і бризок та повторно зважити. Виміряти довжину шва лінійкою.

5.3.6. Закріпити зразок в лещатах і розламати. Виміряти штангенциркулем глибину проплавлення.

5.3.7. Порівняти отримані показники продуктивності з паспортними даними на електроди.

5.3.8. Розрахувати показники продуктивності на основі отриманих експериментальних даних.

5.3.9. Побудувати графіки залежностей глибини проплавлення, ідеального часу зварювання, коефіцієнта наплавки і масової швидкості наплавки від значення зварювального струму і діаметра електрода. Порівняти отримані дані α_n і Q_n з паспортними даними на електроди.

5.4 Міст звіту

5.4.1. Назва роботи, мета і короткі теоретичні відомості.

5.4.2. Результати роботи. Виконані розрахунки τ_c , α_n , Q_n з вказаними формулами і з підставленими числовими значеннями величин. Результати вимірювань і розрахунків представити в таблиці. Побудувати графіки залежностей: $h = f(I_c, d)$; $\alpha_n = f(I_c, d)$; $\tau_c = f(I_c, d)$; $Q_n = f(I_c, d)$.

Таблиця 5.1 - Результати вимірювань та розрахунків

5.4.1.	Тип покриття, марка електродів	Діаметр електрода d , мм	Рід струму та полярність	Сила струму I_c, A	Довжина шва $L_{ш}$, мм	Час зварювання t_c , с	Швидкість зварювання V_c , мм/с	Глибина проплавлення h , мм	Ширина шва l , мм	Коефіцієнт проплавлення $\Psi_{пр}$	Питомий час зварювання τ_c , с/мм ²	Маса пластини до зварювання M_1 , г	Маса пластини після зварювання M_2 , г	Маса наплавленого металу M_n , г	Коефіцієнт наплавки α_n , г/А·год	Масова швидкість наплавки Q_n , кг/год
--------	--------------------------------	----------------------------	--------------------------	----------------------	--------------------------	--------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	---------------------	-------------------------------------	---	---------------------------------------	--	------------------------------------	--	--

5.4.3. Висновки по роботі.

5.5 Контрольні запитання

5.5.1. Дайте загальне поняття продуктивності зварювання.

5.5.2. Перерахуйте основні критерії продуктивності зварювання плавким електродом, неплавким електродом.

5.5.3. Назвіть універсальний критерій продуктивності і дайте його визначення.

5.5.4. В яких випадках швидкість зварювання можна використовувати як критерій продуктивності?

5.5.5. Дайте визначення коефіцієнта наплавки і поясніть його відміну від коефіцієнта розплавлення.

5.5.6 Який критерій, α_n або Q_n в більшій мірі характеризує продуктивність зварювання?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ І ВИТРАТ МАТЕРІАЛУ ПРИ ГАЗОВОМУ ЗВАРЮВАННІ

Мета роботи: Практичне освоєння та отримання навиків вибору способу газового зварювання. Визначити для кожного способу продуктивність, витрати газів і присадочних матеріалів на одиницю наплавленого і розплавленого металу.

6.1 Короткі теоретичні відомості

Продуктивність зварювання і витрати матеріалів, газів і присадочного матеріалу - основні фактори, що визначають техніко-економічні показники зварювання і тому є важливими при виборі і назначені технологічного процесу виготовлення різних конструкцій. Важливе значення в процесі формування зварного з'єднання з використанням газового полум'я має його потужність. Її визначають кількістю суміші, що витрачається за одиницю часу.

Потужність полум'я пальника вибирається в залежності від товщини зварюваного металу і його теплофізичних властивостей, визначається витратами ацетилену, необхідним для його розплавлення. Чим товще метал і його теплопровідність (як наприклад у міді і її сплавів), тим більшою повинна бути потужність полум'я. Його регулюють ступінчато, шляхом підбору наконечника пальника і плавно - вентилями на пальнику.

При газовому зварюванні складовими елементами техніки зварювання є:

- а) кут нахилу мундштука пальника до поверхні зварюваних кромки;
- б) спосіб зварювання;
- в) маніпуляція мундштуком пальника і присадочним дротом при русі полум'я вздовж шва.

Кут нахилу мундштука пальника до поверхні зварюваних кромки вибирається в залежності від товщини метала.

Таблиця 6.1 - Вибір кута нахилу мундштука в залежності від товщини метала

Товщина металу, мм	Не більше 1	1...3	3...5	5...7	7...10	10...15	Більше 15
Кут нахилу мундштука, °	20	30	40	50	60	70	80

Чим більше товщина метала і більше його теплопровідність, тим більше кут нахилу мундштука пальника. Змінюючи кут нахилу мундштука і тим самим кількість тепла, що вводиться до металу, відбувається процес формування шва.

При зварюванні пальник рухається в двох напрямках:

1. Справа-наліво, коли полум'я направлено на холодні ще не зварені кромки металу, а присадочний дріт подається перед полум'ям. Такий спосіб називається «лівим».
2. Зліва-направо, коли полум'я направлено на зварену ділянку шва, а присадочний дріт подається слід за полум'ям. Такий спосіб називається «правим».

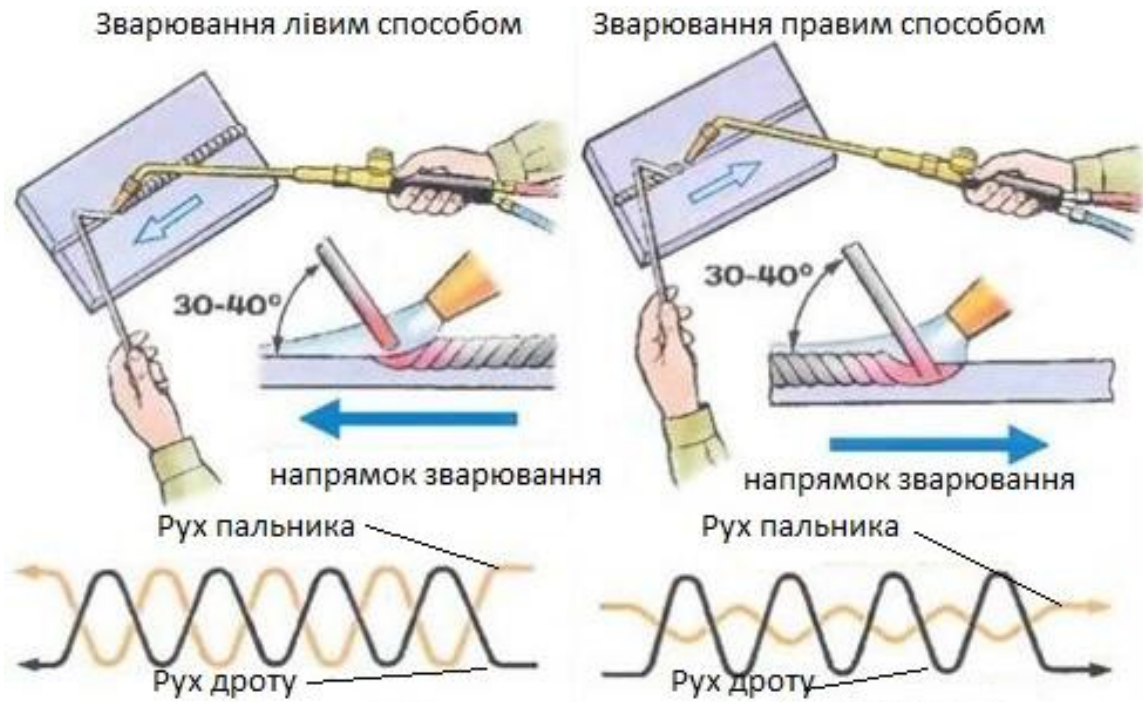


Рисунок 6.1. – Способи ведення газового зварювання

Лівий спосіб використовується при зварюванні тонкостінних (товщиною до 3 мм) конструкцій і легкоплавких матеріалів і сплавів. Правий спосіб використовують для зварювання конструкцій з товщиною стінки більше 3 мм і металів з високою теплопровідністю.

Якість шва при правому способі зварювання вище, ніж при лівому, оскільки метал краще захищений полум'ям пальника від дії навколишнього середовища. Продуктивність праці на 15 - 20% менше, ніж при лівому способі.

За основу техніко-економічних показників використовують питомі витрати матеріалів на одиницю розплавленого металу і швидкість зварювання. Середні показники витрат ацетилену та кисню для вуглецевих сталей:

- питомі витрати ацетилену 100-130 дм³/год: на 1мм товщини металу;
- кисню - 110-140 дм³/год на 1мм товщини. Відношення газів (кисню та ацетилену) 1:1.

Вибір діаметру присадочного дроту відбувається в залежності від товщини металу, що зварюється і способу зварювання. При зварюванні низько- та середньолегованих сталей діаметр присадочного дроту (d_m , мм), для лівого способу визначається за формулою:

$$d_{\text{п}} = \frac{S}{2} + 1 \quad (6.1)$$

а для правого:

$$d_{\text{п}} = \frac{S}{2} \quad (6.2)$$

де S – товщина металу, що зварюється мм.

Теплову ефективність проплавлення характеризує повний тепловий ККД проплавлення:

$$\eta_0 = \frac{q_{\text{п}}}{q} \quad (6.3)$$

де $q_{\text{п}}$ – теплота в калоріях, витрачена на проплавлення металу визначається за формулою:

$$q_{\text{п}} = G \cdot S_{Fe} \quad (6.4)$$

q – повна теплота в калоріях, яка виділилась при згоранні газу і визначається:

$$q = Q \cdot V_A \quad (6.5)$$

де G – вага розплавленого металу (г); S_{Fe} – теплоємність заліза, в кал/кг при температурі зварювання рівній приблизно 1600°C рівно 383 кал/кг; Q – теплотворна здатність ацетилену, $Q = 11470$ кал/м³; V_A – об'єм ацетилену, що витрачається на зварювання (м³).

Вага розплавленого металу визначається за формулою:

$$G = \frac{\gamma \cdot L \cdot F + (G_{\text{пр}} + G_{\text{напл}})}{1000} \quad (6.6)$$

де γ - питома вага сталі 7,8 г/см³; L - довжина зварного шва (см); F - площа перерізу наплавленого металу (см³); $G_{\text{пр}}$ - вага використаного дроту (г); $G_{\text{нап}}$ - вага наплавленого металу (г).

Таким чином для визначення теплового ККД проплавлення використовують формулу:

$$\eta_0 = \frac{[\gamma \cdot L \cdot F + (G_{\text{пр}} + G_{\text{напл}})] \cdot S_{Fe}}{1000 \cdot Q \cdot V_A} \quad (6.7)$$

Знаючи тепловий ККД проплавлення необхідно також визначити максимальну кількість металу, що може бути розплавлено 1 м^3 газу:

$$G_1 = \frac{Q \cdot \eta}{S_{\text{Fe}} \cdot 100} \quad (6.8)$$

Фіксуючи час її виконання зварювання даного шва в сек., необхідно визначити її швидкість:

$$U_{\text{расп}} = \frac{G_1 \cdot 3600}{t}, \text{ кг/год} \quad (6.9)$$

Визначити витрати ацетилену на розплавлення 1 кг металу, в (л/кг):

$$A_{\text{распл}} = \frac{1000}{G_1} \quad (6.10)$$

Визначити витрати кисню на розплавлення 1 кг металу, в (л/кг):

$$K_{\text{расп}} = 1,15 \cdot A_{\text{распл}} \quad (6.11)$$

Знаючи масу наплавленого металу $G_{\text{напл}}$, необхідно визначити витрати газів на наплавку, в (л/кг) і швидкість наплавлення, в (кг/год):

$$A_{\text{напл}} = \frac{V_A}{G_{\text{напл}}} \quad (6.12)$$

$$K_{\text{напл}} = 1,15 \cdot A_{\text{напл}} \quad (6.13)$$

$$U_{\text{напл}} = \frac{G_{\text{напл}} \cdot 3600}{t} \quad (6.14)$$

Лінійна швидкість зварювання, в м/год визначається за формулою:

$$U_{\text{лін}} = \frac{3600 \cdot t}{100 \cdot t} \quad (6.15)$$

Витрати газів при зварюванні на їм визначається за формулою, ($\text{м}^3/\text{м}$):

$$A' = \frac{N}{1000 \cdot U_{\text{лін}}} \quad K' = 1,15 \cdot A' \quad (6.16)$$

де N - потужність полум'я, що визначається витратами ацетилену за годину (л/год).

6.2 Обладнання

Пластини для зварювання з вуглецевої сталі 200х50х6мм (4шт). Присадочний дріт діаметром 2-3мм вагою 300-400г. Ацетилин - кисневий зварювальний пост. Ваги з важками від 1г до 5кг. Секундомір. Металева масштабна лінійка. Набір наконечників.

6.3 Хід виконання роботи

6.3.1. Підготувати газозварювальний пост до роботи.

6.3.2. Підготувати і встановити прихватки на пластинах для зварювання, лівим способом - під кутом 45° , для зварювання правим способом - під кутом 30° .

6.3.3. Підготувати два мотка присадочного дроту для зварювання.

6.3.4. Зважити пластини та дріт.

6.3.5. Провести зварювання лівим способом з фіксацією часу використаного на зварювання.

6.3.6. Зважити пластину після зварювання та залишки дроту.

6.3.7. Розрізати пластину впоперек шва, відшліфувати, визначити площу поперечного перерізу розплавленого металу шва, а потім масу всього розплавленого металу.

6.3.8. Визначити тепловий ККД проплавлення, швидкість зварювання, витрати газів на одиницю розплавленого і наплавленого металу та на одиницю довжини шва.

6.3.9. Всі отримані дані занести до таблиці.

6.3.10. Повторити всі операції аналогічно при зварюванні правим способом.

6.3.11. По закінченню роботи виконати аналіз і порівняння отриманих даних.

Таблиця 6.2 - Результати експерименту

Спосіб зварювання	Вага пластини		Вага наплавленого металу, $G_{\text{напл}}$	Вага дроту		Вага використаного дроту, $G_{\text{др}}$	Час зв. t, с	Довжина шва, l, см	Товщина пластини δ , см	Площа поперечного перерізу шва F, см^2	Потужність шва N, л/год	Втрати на випаровування і розбризкування, Ψ %	Вага розплавленого металу, $G_{\text{розп}}$, г
	До зв., г	Після зв., г		До зв., г	Після зв., г								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Лівий													
Правий													

6.4 Зміст звіту

- 6.4.1. Описати спосіб зварювання
- 6.4.2. Мета роботи
- 6.4.3. Заповнити по результатам експерименту таблицю 6.2
- 6.4.4. Виконати розрахунки і заповнити таблицю 6.3
- 6.4.5. Зробити по роботі заключний висновок

Таблиця 6.3- Результати розрахунків

Спосіб зварювання	Витрати ацетилену		Витрати кисню		Витрати газів на 1м		Швидкість зв. і наплавки			К.К.Д.η ₀	Витрати, Ψ %	Вага металу роспл. 1м ³ ацетилену G _т , кг/м ³	Вага металу напл. 1м ³ ацетилену G _{напл} , кг/м ³	Витрати присадочного дроту на 1 м шва G _{лпр} , г/м
	A _{расп} , л/кг	A _{напл} , л/кг	K _{распл} , л/кг	K _{напл} , л/кг	Ацетилен, м ³ /м	Кисень м ³ /м	U _{расп} , кг/ГОД	U _{лін} , м/ГОД	U _{напл} , кг/ГОД					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
лівий														
правий														

6.5 Контрольні запитання

- 6.5.1. Які переваги та недоліки зварювання лівим та правим способами?
- 6.5.2. Яким має бути положення пальника та присадочного дроту при зварюванні лівим і правим способом?
- 6.5.3. Що є енергетичною основою газового зварювання?
- 6.5.4. Назвати спеціальні види газового зварювання.
- 6.5.5. Яке співвідношення витрат кисню і ацетилену при лівому та правому способах зварювання?
- 6.5.6. Як знаходиться потужність газозварювального пальника?

Рекомендована література

1. Акулов А. И, и др.. Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник. - М.: Машиностроение, 1977. - 432 с.
2. Каховский Н. И. и др.. Электро дуговая сварка сталей. Справочник - К.: Наукова думка, 1975. - 480 с.
3. Кононенко В. Я. Газовая сварка и резка - К. «Экотехнология», 2005 - 207 с.

4. Сварка и сварочные материалы. Справочник Т.1. Под ред. Проф. Макарова З. Л. - М.: Металлургия, 1987. - 231 с.
5. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. Учебное пособие. Под ред. Макарова Б. Е. - М.: Машиностроение, 1974. - 767с.
6. Болотов Г.П. Джерела живлення для дугового та плазмового зварювання і різання/ Болотов Г.П., Болотов М.Г. Навчальний посібник. – Чернігів: ЧНТУ. – 2017. – 181 с.
7. Фрумик И. И. Автоматическая электродуговая наплавка - Харьков: Metallurgizdat, 1961. - 422 с.
8. Четверо А. И. и др. Оборудование для механизированной сварки и наплавки - М.: Машиностроение, 1981 - 264 с.