

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи № 2
"Дослідження дугового розряду між металевими електродами"
з дисципліни „Теорія процесів зварювання” для студентів
спеціальності 131 „Прикладна механіка” усіх форм навчання

2017

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 2
«Дослідження дугового розряду між металевими електродами» з
дисципліни „Теорія процесів зварювання” для студентів спеціальності
131 „Прикладна механіка” усіх форм навчання / Укл.: О.Є. Капустян,
Р.А. Куликовський – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. - 10 с.

Укладачі: О.Є. Капустян, ст. викладач;
Р.А. Куликовський, канд. техн. наук, доцент
Рецензент: М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доцент
Редактор: І.П. Аверченко
Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено
на засіданні кафедри ОТЗВ
Протокол № 8 від 29.03.2017

Рекомендовано до видання
НМК ІФФ
Протокол № 8 від 11.04.2017

1 МЕТА РОБОТИ

Вивчення будови дуги між металевими електродами та дослідження розподілу падіння напруги в активних плямах та стовпі дуги в залежності від типу електродного покриття.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Електричною дугою називають - тривалий розряд електричного струму між двома електродами в іонізованій суміші газів і парів металів, а також компонентів, які входять до складу покриттів електродів і флюсів.

Зварювальна дуга — це ділянка електричного кола, на якій проходить спад напруги і яка поділяється на три області: катодну та анодну плями й стовп дуги.

Катодна пляма є джерелом електронів. Температура її досягає $2400\sim 2600^{\circ}\text{C}$ (для сталевих електродів). У катодній плямі виділяється близько 38 % загальної кількості тепла, а спад напруги (U_k) пов'язаний з витратами на емісію та розгін електронів і становить 12-17 В.

Стовп дуги є провідником електричного струму, де утворюються вторинні електрони та іони.

Стовп дуги нейтральний. У ньому одночасно знаходиться однакова кількість заряджених частинок протилежних знаків. Процес з'єднання позитивних іонів з електронами й утворення нейтральних атомів називається рекомбінацією. У стовпі дуги виділяється близько 20 % її загального тепла, а спад напруги (U_d) зростає при збільшенні довжини дуги (L_d) і становить 2-12 В. Температура стовпа дуги залежить від сили зварювального струму і досягає 6000-8000 А. Температура краплі металу на кінці електрода дорівнює 2150°C , а при перельоті через стовп дуги — 2350°C . Середня температура зварювальної ванни становить 1770°C .

Анодна пляма є місцем входу електронів і має температуру $2400\text{-}2600^{\circ}\text{C}$, але в результаті бомбардування електронами на ній виділяється більше тепла (42 %), ніж на катодній плямі. Спад напруги

на анодній плямі (U_a) пов'язаний з витратами енергії на бомбардування анода електронами й дорівнює 2-11 В. Поверхня анодної плями під впливом сильного бомбардування має увігнуту форму, яку називають кратером.

Загальний спад напруги на дузі вираховують за формулою:

$$U_a = U_k + U_c + U_a = 16 \dots 40 \text{ В.}$$

При зварюванні дугою постійного струму існує пряма та зворотна полярності. Для прямої полярності електрод (катод) слід під'єднати до негативної клеми джерела живлення, а виріб (анод) — до позитивної. При цьому більше тепла буде виділятися на виробі, тому пряму полярність використовують для зварювання товстих металевих виробів. При зворотній полярності катодну й анодну плями міняють місцями, тобто катодом буде виріб, а анодом — електрод. Цю полярність використовують для зварювання тонких металевих виробів, щоб уникнути пропалів, і для високолегованих сталей, щоб зменшити вигорання легуючих елементів.

При зварюванні змінним струмом полярність змінюється з частотою 50 Гц, тобто 100 разів за секунду. При переході синусоїди струму через нульове значення, струм у дузі припиняється, тому дуга змінного струму менш стійка, порівняно з дугою постійного струму. При зварюванні змінним струмом кількість тепла, що виділяється на електроді й виробі, буде однаковою. Якщо дуга змінного струму горить між матеріалами із різними фізичними властивостями, то може виникнути різна провідність стовпа дуги, тобто з'явиться постійна складова струму. Таке явище спостерігається при зварюванні в захисних газах вольфрамовим електродом алюмінію, що негативно впливає на якість зварного шва.

Падіння напруги на дуговому проміжку залежить від струму електричного розряду в газах (рис. 2.1).

Фізичні процеси в ланках вольт-амперної характеристики (ВАХ):

I – тліючий розряд, характерними ознаками якого є:

- високе падіння напруги на катоді (200-250 В);
- незначний струм (0,1 А).

II – перехід з тліючого розряду в дуговий, ознаками якого є:

- збільшення струму;

- різке падіння напруги.
- III – дуговий розряд, ознаками якого є:
 - мале падіння напруги;
 - значна густина струму.

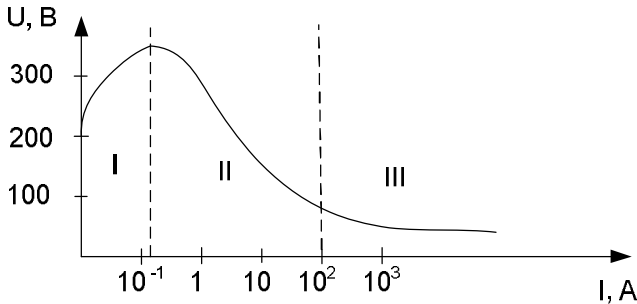


Рисунок 2.1 – ВАХ дугового розряду

При збільшенні струму напруга на дуговому проміжку падає, а надалі практично не змінюється.

Процес утворення в нейтральному середовищі електричних зарядів, називається – іонізація.

Процес іонізації буде відбуватись порізному біля електродів та безпосередньо в стовпі дуги. Біля електродів будуть переважати процеси термоелектронної та автоелектронної емісії, а у стовпі дуги – термічна іонізація та іонізація поштовху.

Термоелектронна емісія (ТЕ) – це виліт електронів з розігрітої поверхні. Густина струму залежить від температури та матеріалу контактів. Величина густини струму є незначною і є достатньою тільки для виникнення дуги і недостатня для підтримання її горіння.

Автоелектронна емісія (АЕ) - випромінювання електронів з катоду під впливом сильного електромагнітного поля. Струм незначний і може бути поштовхом для виникнення дугового розряду.

Виникнення дугового розряду на контактах, які розходяться є наслідком ТЕ та АЕ.

У дуговому проміжку:

Іонізація поштовху – якщо вільний електрон має достатню швидкість, то при зіткненні з нейтральною частинкою він може вибити з неї електрони. Цей процес відбувається лавиноподібно.

Термічна іонізація - це процес іонізації під дією високої температури дуги в самій же дузі. Підтримання горіння дуги йде за рахунок термічної іонізації.

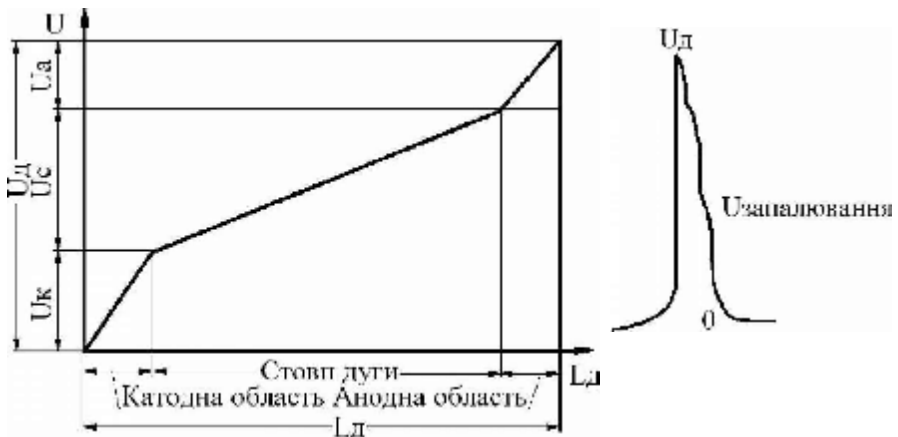
Одночасно з іонізацією йде процес деіонізації – з'єднання іонів з електронами та утворення нейтральних частинок. Деіонізація відбувається за рахунок рекомбінації та дифузії.

Рекомбінація – це процес утворення нейтральних частинок.

Дифузія – перехід заряджених часток з дугового проміжку в навколишнє середовище.

Якщо переважають процеси іонізації, то дуга розгорається, деіонізації – дуга гасне.

Падіння напруги в дуговому розряді між електродами відбувається в активних плямах - анодній і катодній та в стовпі дуги (рис. 2.2).



U_d , U_k , U_a , U_c – напруга на дузі, на катодній та анодній плямах, на стовпі дуги відповідно, В;

L_d - довжина дуги, мм.

Рисунок 2.2 - Розподіл падіння напруги у дузі

Напругу у дузі U_d можна обчислити по рівнянню Айртона:

$$U_d = a + bL_d, \quad (2.1)$$

$$a = U_k + U_a,$$

де a - сума падіння напруги в анодній та катодній плямах, розподіляється між ними $U_k / U_a \approx 70 \% / 30 \%$;

b - градієнт падіння напруги в стовпі дуги, В/мм;

Визначення градієнта падіння напруги в стовпі дуги, b проводиться на установці з послідовним записом на стрічці потенціометру.

З КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Електрична зварювальна дуга.
2. Будова дуги.
3. Які бувають зварювальні дуги?
4. Полярність струму.
5. Розподіл падіння напруги в дуговому проміжку.
6. Чим викликано падіння напруги в дузі?
7. Анодні та катодні плями, їх положення та температура.
8. Вольтамперна характеристика дуги.
9. Вплив іонізуючих елементів на стабілізацію горіння дуги.
10. Потенціал іонізації.
11. Іонізуючі компоненти покриття.
12. Рівняння Айртона та його наслідки.

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

- 4.1 Електроди $\varnothing$ 4 мм марок АНО-4 та УОНИ 13/55.
- 4.2. Прилад для дослідження параметрів дуги (рис. 4.1).
- 4.3. Потенціометр.
- 4.4. Амперметр та вольтметр постійного струму.
- 4.5. Джерело зварювального струму ВДУ-504.

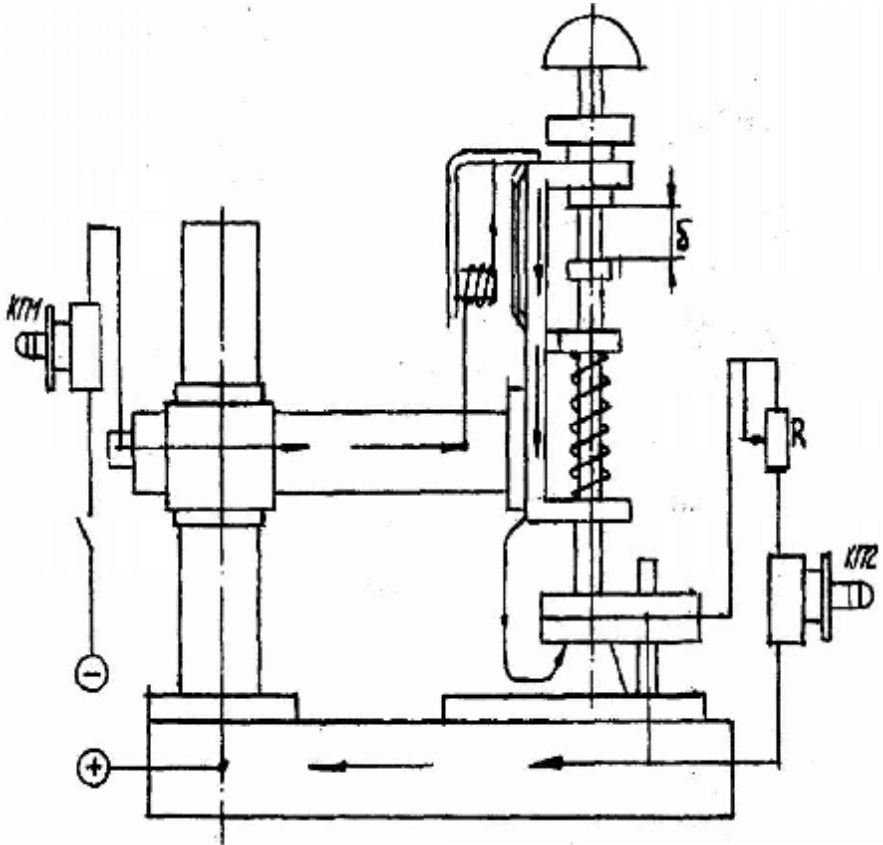


Рисунок 4.1 - Схема установки для дослідження падіння напруги у дузі

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. До лабораторних робіт допускаються студенти після інструктажу з охорони праці та пожежної безпеки.
2. Забороняється вмикати електричні прилади та обладнання без дозволу завідуючого лабораторією або викладача.

3. У випадку виявлення неполадок обладнання студент мусить негайно повідомити викладача або завідуючого лабораторією.

4. У випадку виникнення пожежі або ураження електричним струмом студенти повинні діяти у відповідності із затвердженими інструкціями з охорони праці та пожежної безпеки.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Встановити з допомогою фіксатора початкову довжину дуги.
2. Включити контактор, запалити дугу.
3. Зняти показання приладів із стрічки потенціометра.
4. Дослідження повторити для довжини дуги l_1 та l_2 (по вказівці лаборанта) для двох типів електродного покриття табл. 6.1. Примітка: Заміри напруги треба проводити у початковий період падіння дуги.

Таблиця 6.1

Тип електродного покриття	l , мм	U_d , В	b , В/мм	a , В
Рутілове				
Фтористо-кальційове				

$$U_{d1} = a + bl_1, \quad (6.1)$$

$$U_{d2} = a + bl_2, \quad (6.2)$$

Віднімаючи рівняння 6.1 з 6.2, одержимо рівняння 6.3:

$$U_{d2} - U_{d1} = b(l_2 - l_1) \quad (6.3)$$

звідки

$$b = (U_{d2} - U_{d1}) / (l_2 - l_1) \quad (6.4)$$

Знаючи величину b , знайдемо суму падіння напруги на активних плямах «а»:

$$a = U_d - bl \quad (6.5)$$

5. Вимкнути прилади.
6. Обчислити значення падіння напруги «а» та «б», внести до табл.
7. Побудувати графік падіння напруги в активних плямах та стовпі дуги (рис. 2.2).
8. Оцінити стабілізуючі властивості електродного покриття рутилового та фтористо-кальцієвого типу.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Короткі відомості з будови зварювальної дуги.
2. Заповнена табл. 6.1.
3. Графік падіння напруги.
4. Оцінка стабілізуючих властивостей електродного покриття рутилового та фтористо-кальцієвого типу.
5. Висновки по роботі.

8 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Теоретические основы сварки / Под ред. Фролова В.В. -М.: Высшая школа, 1970. - С. 41-106.
2. Лесков Г.И. Электрическая сварочная дуга - М.: Машиностроение, 1970. - С. 40-70.
3. Багрянский К.В. и др. Теория сварочных процессов - М.: Высшая школа, 1977. - С. 89-120.