

**ЛІТЕРАТУРА**



**НАВЧАЛЬНО – МЕТОДИЧНА**

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний  
університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра «Технології і обладнання зварювального  
виробництва»

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до лабораторної роботи №1  
з дисципліни «Метали і зварювання  
в будівництві»

на тему:

«Дослідження технологічних характеристик  
покритих електродів призначених для  
виготовлення будівельних конструкцій»

Тернопіль,  
2017



Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра «Технології і обладнання зварювального виробництва»

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до лабораторної роботи №1  
з дисципліни «Метали і зварювання в будівництві»

на тему:

«Дослідження технологічних характеристик покритих електродів  
призначених для виготовлення будівельних конструкцій»

Для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»,  
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Тернопіль,  
2017

Методичні вказівки розроблено відповідно з навчального плану підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня " бакалавр", спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», а також робочої програми з дисципліни " Метали і зварювання в будівництві "

Укладачі: к.т.н., доц. Окіпний І.Б.

ст. викладач Береженко Б.М.

Рецензент: к.т.н., доц. Ковальчук Я.О.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри «Технології і обладнання зварювального виробництва»

Протокол № \_\_\_\_\_ від " \_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Затвердила та рекомендувала до друку методична комісія  
ФМТ ТНТУ імені Івана Пулюя, протокол № \_\_ від \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ТЕМА: «Дослідження технологічних характеристик покритих електродів призначених для виготовлення будівельних конструкцій»**

**МЕТА:** Визначити величину коефіцієнтів розплавлення ( $\alpha_p$ ), наплавлення ( $\alpha_n$ ) і втрат ( $\psi$ ) при зварюванні якісними електродами в залежності від величини зварювального струму і марки електрода.

## **1 ОБЛАДНАННЯ, ПРИЛАДИ, ІНСТРУМЕНТ І МАТЕРІАЛИ**

- 1.1 Зварювальний пост постійного або змінного струму.
- 1.2 Амперметр постійного або змінного струму до 300 А.
- 1.3 Вольтметр постійного або змінного струму до 45 В.
- 1.4 Секундомір.
- 1.5 Вага з рівновагою до 100 г.
- 1.6 Штангенциркуль, лінійка довжиною 500 мм.
- 1.7 Зварювальні щітки, рукавиці, металеві щітки, зубило і молоток.
- 1.8 Якісні електроди діаметром 3-6 мм.
- 1.9. Пластини із маловуглецевої сталі.

## **2 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ**

Способом ручного дугового зварювання виготовляється велика номенклатура деталей, особливо великогабаритних та будівельних конструкцій, а також усуваються в них експлуатаційні дефекти (тріщини, непровари, кратери) .

Якість наплавленого металу багато в чому визначається матеріалом електроду і покриття. Електроди поділяють на групи залежно від призначення і механічних властивостей наплавленого металу :

- електроди для зварювання конструкційних сталей (УОНІ 13/55, МР-3, АНО-4 ОМА-2).

- електроди для зварювання високолегованих сталей (ОЗН-350, ОЗН-300).
- електроди для наплавлення зносостійких покриттів (Т - 590, ЦН-5.)
- електроди для зварювання чавуну (МНЦ - 1, ОМІ - 1, ЦЧ - 4, ПАНЧ-11).
- електроди для зварювання алюмінієвих сплавів (ОЗА - 1, А - 2).

Електроди перших трьох груп найчастіше виготовляються з маловуглецевого зварювального дроту Св - 08, Св - 10.

Покриття електродів можуть бути двох видів:

- 1 - стабілізуюче, що сприяє стійкому горінню дуги;
- 2 - якісне, таке, що захищає розплавлений метал від кисню і азоту з повітря та містить розкислюючі, легуючі та інші елементи.

Стабілізуюче покриття складається з речовин (калій, кальцій та ін.), атоми яких легко іонізуються і тим самим полегшується збудження і горіння дуги. Оскільки повітря не є провідником електричного струму, але якщо в ньому є заряджені частинки, то електричний струм буде проходити. Найбільш просте стабілізуюче покриття електродів складається з 80.. 85 % крейди і 15. 20 % рідкого скла. Проте це покриття не захищає метал від впливу повітря, при цьому шов отримують не високої якості.

Якісне покриття є складнішим за складом і включає наступні речовини :

- зв'язуючі (рідке скло);
- стабілізуючі горіння дуги (сода, поташ);
- газоутворюючі елементи (крохмаль, харчова мука, целюлоза, вугілля);
- шлакоутворюючі елементи (польовий шпат, плавиковий шпат, кварц);
- розкислюючі та легуючі елементи (феромарганець, феросиліцій, феротитан, ферохром.)

Покриття наноситься на електрод шаром 0,5 - 2,5 мм. Технічні характеристики декотрих марок електродів наведено в додатках.

Зварювання може виконуватись як на змінному, так і на постійному струмі. По можливості слід проводити зварювання на змінному струмі, оскільки воно в два рази економніше ніж зварювання на постійному струмі. Слід знати, що температура дуги є вищою на аноді, а ніж на катоді. Тому при зварюванні на постійному струмі, у випадку необхідності глибокого проплавлення металу застосовують пряму полярність: плюс на деталі, а мінус на електроді. Для зменшення перегрівання деталі застосовують зворотню полярність: мінус приєднують до деталей, а плюс на електрод.

Технологічні характеристики розплавлення електродів визначаються експериментально і дозволяють оцінювати продуктивність і економічність процесу зварювання електродами різних марок.

Електроди характеризуються коефіцієнтами розплавлення ( $\alpha_p$ ) в г/А·год., наплавлення ( $\alpha_n$ ) в г/А·год. і коефіцієнтом втрат ( $\psi$ ) в %. Розплавлення електродного металу характеризує коефіцієнт розплавлення [4, с. 94]:

$$\alpha_p = \frac{G_p}{I_{зв} \cdot t}, \text{ г/А·год} \quad (1)$$

де  $G_p$  - маса розплавленого електродного металу за час  $t$ , г;

$t$  - час горіння дуги, год.;

$I_{зв}$  - величина зварювального струму, А.

Для ручного дугового зварювання  $\alpha_p$  складає 5-14 г/А·год.

Для оцінювання процесу наплавлення існує поняття коефіцієнта наплавлення ( $\alpha_n$ ):

$$\alpha_n = \frac{G_n}{I_{зв} \cdot t}, \text{ г/А·год} \quad (2)$$

де  $G_n$  - маса наплавленого металу на пластині за час  $t$ , г.

Для якісних електродів  $\alpha_n$  складає 8-12 г/А·год.

Як правило  $\alpha_p > \alpha_n$  на 1-3 г/А·год.

Коефіцієнт наплавлення залежить від виду струму, полярності та його величини, типу електродного покриття, хімічного складу дроту, а також від просторового положення шва.

Промисловістю використовуються електроди із залізним порошком у покритті (до 60...70%), в яких  $\alpha_n > \alpha_p$  з врахування маси залізного порошку, тобто, металу наплавленого на пластині більше ніж розплавленого металу електродного стержня.

Частина розплавленого електродного металу, що не приймає участі в утворенні шва (втрати на розбризування, окислення, недогарки), характеризується коефіцієнтом втрат:

$$\psi_n = \frac{G_p - G_n}{G_p} \cdot 100\% \quad (3)$$

Коефіцієнт втрат для деяких електродів сягає 25% і залежить не тільки від хімічного складу дроту, його покриття, режиму зварювання, але й типу зварного з'єднання, просторового положення шва, типу електродотримача.

Орієнтовно  $\psi$  дорівнює 1,35...1,45 і зростає із збільшенням довжини дуги.

Коефіцієнт втрат без недогарка в середньому складає 5-10%, а з врахуванням недогарка 25-30%.

Знаючи величину коефіцієнта наплавлення при заданій величині зварювального струму можна визначити продуктивність процесу ручного дугового зварювання (масу наплавленого металу за певний проміжок часу):

$$G_n = \alpha_n \cdot I_{зв} \cdot t \quad (4)$$

Із збільшенням зварювального струму зростає продуктивність, але при значному збільшенні  $I_{зв}$  виникає перегрівання електрода Джоулевым теплом та збільшується розбризування металу.

Середня кількість тепла, що йде на перегрівання електрода, регулюється підбиранням величини зварювального струму.



При ручному дуговому зварюванні для електродів діаметром 3-6 мм величину зварювального струму наближено визначають за формулою:

$$I_{зв} = (35...60) \cdot d_{ел}, \text{ А} \quad (5)$$

де  $d_{ел}$  - діаметр електродного стержня, мм.

### 3 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

3.1 Визначити масу металевого електродного стержня (попередньо знявши електродне покриття) шляхом зважування на вазі, або розрахунковим шляхом.

3.2 Зважити пластини, на яких буде проводитись наплавлення і пронумерувати їх.

3.3 Провести наплавлення валика на пластину електродами досліджуваної марки. Зварювальний струм орієнтовно підібрати за формулою (5).

3.4 В процесі зварювання визначити дійсну величину зварювального струму ( $I_{зв}$ ) і час горіння дуги ( $t$ ).

3.5 Після наплавлення валиків на пластини необхідно добре їх зачистити від крапель розплавленого металу, шлаку та зважити на вазі.

3.6 Виміряти довжину металевого електродного стержня, що залишився після наплавлення (недогарка). Визначити його масу та масу розплавленого металу.

3.7 Визначити за формулами (1), (2), (3) коефіцієнти  $\alpha_p$ ,  $\alpha_n$ ,  $\psi$  і записати в таблицю 1.

3.8 Для кожної досліджуваної марки електроду дослід повторити не менше трьох разів, отримані дані занести в таблицю (додаток).

3.9 За результатами розрахунків побудувати три графіки залежностей:

- а)  $\alpha_n$  від  $I_{зв}$  і марки електроду;
- б)  $\alpha_p$  від  $I_{зв}$  і марки електроду;
- в)  $\psi$  від  $I_{зв}$  і марки електроду.

3.10 На основі отриманих результатів зробити письмовий висновок по роботі.

## 4 ЗМІСТ ЗВІТУ

- 4.1 Тема роботи.
- 4.2 Мета роботи.
- 4.3 Перелік обладнання, приладів, матеріалів та інструментів, які використовуються при виконанні роботи.
- 4.4 Короткі теоретичні відомості.
- 4.5 Порядок виконання лабораторної роботи.
- 4.6 Розрахунок, таблиця з результатами досліджень, графіки.
- 4.7 Висновки по роботі.
- 4.8 Контрольні запитання.
- 4.9 Перелік посилань література.

## 5 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

- 5.1. Від яких факторів залежить коефіцієнт  $\alpha_p$  ?
- 5.2 Від яких факторів залежить коефіцієнт  $\alpha_n$  ?
- 5.3 Від яких факторів залежить коефіцієнт  $\psi$  ?
- 5.2. Як змінюється коефіцієнт  $\psi$  із зміною довжини дуги і збільшенням величини зварювального струму?
- 5.3. В яких випадках  $\alpha_n > \alpha_p$  ?
- 5.4. Чому при визначенні  $\alpha_n$  поверхню пластини зачищають від крапель розплавленого металу та шлаку.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. - М.: Машиностроение, 1977. - 432 с. – 2 прим.
2. Патон Б.Е. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Б.Е. Патон. - М.: Машиностроение, 1974. - 767 с.-6 прим.
3. Никифоров Г.Д. Технология и оборудование сварки плавлением / Г.Д. Никифоров. – М.: Машиностроение, 1986. - 319 с.-73 прим.
4. Патон Б.Е. Электрошлаковая сварка и наплавка / Б.Е. Патон. – М.: Машиностроение, 1980. - 512 с.-1 прим.

## **ДОДАТКИ**

**Технічні характеристики електродів марок:  
АНО-4; АНО-21; МР-3**

**ЕЛЕКТРОДИ АНО – 4**

<b>Позначення</b>	<b>Стандарт</b>
<b><u>E46-АНО-4-d-УД</u></b>	<b>ГОСТ 9466-75</b>
<b>E430(3)-P21</b>	<b>ТУУ054160223.001-95</b>

**Відповідність стандартам**

<b>ГОСТ 9467</b>	<b>E46</b>
<b>ISO 2560</b>	<b>E 43 2 RC 21</b>
<b>DIN 1913</b>	<b>E 43 32 R(C) 21</b>
<b>AWS A5.1</b>	<b>E6012</b>

**Назва і область застосування**

Для зварювання конструкцій із маловуглецевих сталей малих товщин марок Ст3, 10, 20 та ін. Електроди забезпечують хороше формування шва, високу стійність металу шва проти утворення пор і гарячих тріщин.

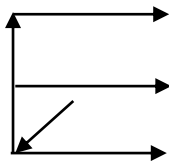
**Марка дроту**

Св - 08, Св-08А ГОСТ2246-70

**Вид покриття**

Рутит - целюлозне

**Положення зварних швів**



**Рід струму**

- Змінний від трансформатора з напругою холостого ходу не менше 50В
- Постійний струм будь якої полярності

**Режим зварювання****Сила зварювального струму**

Діаметр, мм	нижнє	вертикальне	верхнє
3,0	100-140	90-110	100-120
4,0	170-210	140-150	140-170
5,0	190-270	150-170	

**Хімічний склад наплавленого металу, мас.%**

C	Si	Mn	S	P
0.10	0.20	0.55 -0.80	0.040	0.045

**Механічні властивості металу шва (не менше)**

Температура випаровування	Тимчасовий опір розриву, Н/мм <sup>2</sup>	Відносне видовження, %	Ударна в'язкість, Дж/см <sup>2</sup>	Кут згину зварного з'єднання	KCV>34 Дж/см <sup>2</sup> при температурі
+20°C	450	18	78	150°C	-20°C

Продуктивність наплавлення (для d=3мм), г/хв	Вихід наплавленого металу, %	Розхід електрода на 1 наплавленого металу, кг
27,0	92.0	1.7

Режим термооброблення електрода перед зварюванням 180 °С - 1,0 год.

## ЕЛЕКТРОДИ АНО – 21

### Позначення

E46-АНО-21-d-УД

E432(3)-P11

### Стандарт

ГОСТ 9466-75

ТУУ054160223.001-95

### Відповідність стандартам

ГОСТ 9467

ISO 2560

DIN 1913

AWS A5.1

E46

E 43 2 RC 11

E 43 32 R(C) 11

E6013

### Назва і область застосування

Для зварювання конструкцій із низьковуглецевих сталей малих товщин марок Ст3, 10, 20 і т.д. Електроди забезпечують легке запалювання дуги, дрібно лускате формування металу шва, легке або самовільне відділення шлакового покриття. Вони можуть застосовуватись для зварювання водопровідних труб, газопроводів малого тиску.

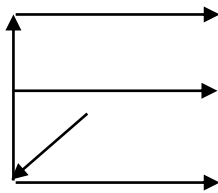
### Марка дроту

Св -08, Св - 08А ГОСТ2246-70

### Вид покриття

Рутил - целюлозне

### Положення зварних швів



### Рід струму

- Змінний від трансформатора з напругою холостого ходу не менше 50В
- Постійний струм будь якої полярності

### Режим зварювання

### Сила зварювального струму

Діаметр, мм	нижнє	вертикальне	верхнє
2,0	50-90	50-70	70-90
2,5	60-110	60-90	80-100
3,0	90-140	80-100	100-130

**Хімічний склад наплавленого металу, мас.%**

C	Si	Mn	S	P
0.10	0.30	0.50-0.80	0.040	0.045

**Механічні властивості металу шва (не менше)**

Температура випаровування	Тимчасовий опір розриву, Н/мм <sup>2</sup>	Відносне видовження, %	Ударна в'язкість, Дж/см <sup>2</sup>	Кут згину зварного з'єднання	KCV>34 Дж/см <sup>2</sup> при температурі
+20°C	450	18	78	150°C	-20°C

Продуктивність наплавлення (для d = 3мм), г/хв	Вихід наплавленого металу, %	Розхід електрода на 1 наплавленого металу, кг
14,0	95.0	1.65

Режим термооброблення електрода перед зварюванням 120 °С - 40 хв.



## ЕЛЕКТРОДИ МР – 3

**Позначення**

**E46-МП-3-d-УД**

**E430(3)-P26**

**Стандарт**

**ГОСТ 9466-75**

**ТУУ14288312.001-96**

**Відповідність стандартам**

**ГОСТ 9467**

**ISO 2560**

**DIN 1913**

**AWS A5.1**

**E46**

**E 43 2 RC 26**

**E 43 32 R(C) 26**

**E6012**

**Назва і область застосування**

Для зварювання конструкцій із низьковуглецевих сталей марок Ст3, 10, 20 і т.д. Електроди забезпечують хороше формування металу шва, високу стійкість металу шва проти утворення пор і гарячих тріщин.

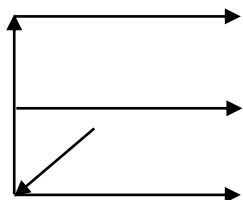
**Марка дроту**

**Св-08, Св-08А ГОСТ2246-70**

**Вид покриття:**

**Рутилове**

**Положення зварних швів**



**Рід струму**

- Змінний від трансформатора з напругою холостого ходу не менше 60В
- Постійний струм будь якої полярності

Діаметр, мм	Режим зварювання		Сила зварювального струму	
	нижнє	вертикальне	верхнє	
3,0	100-140	80-100	80-110	
4,0	160-220	140-180	140-180	
5,0	180-260	180-200		

#### Хімічний склад наплавленого металу, мас. %

C	Si	Mn	S	P
0.10	0.20	0.50-0.80	0.040	0.045

#### Механічні властивості металу шва (не менше)

Температура випаровування	Тимчасовий опір розриву, Н/мм <sup>2</sup>	Відносне видовження, %	Ударна в'язкість, Дж/см <sup>2</sup>	KCV > 34 Дж/см <sup>2</sup> при температурі
+20°C	450	18	78	-20°C

Продуктивність наплавлення (для d = 3 мм), г/хв	Вихід наплавленого металу, %	Розхід електрода на 1 наплавленого металу, кг
23,5	90.0	1.75

Режим термообробки електрода перед зварюванням 180 °С - 1,0 год.

**Таблиця 1 — Результати вимірювань і обчислень для визначення коефіцієнтів розплавлення, наплавлення і втрат**

Номер досліді									
Марка електроду									
Маса пластини до наплавлення, г									
Маса пластини після наплавлення, г									
Маса наплавленого металу, г									
Діаметр електроду, мм									
Довжина електроду до наплавлення, мм									
Довжина електроду після наплавлення, мм									
Маса електродного стержня, г									
Маса розплавленого металу, г									
Час горіння дуги $t$ , с									
Струм зварювання $I_{зв}$ , А									
Коефіцієнти	розплавлення $\alpha_p$ , г/А·год								
	наплавлення $\alpha_n$ , г/А·год								
	втрат $\psi$ , %								