

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичної роботи №1
з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів
освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості
деталей і конструкцій» для усіх форм навчання

2016

Методичні вказівки до практичної роботи №1 з дисципліни
“Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми
«Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій»
для усіх форм навчання / Укл.: О.Є. Капустян. – Запоріжжя: ЗНТУ,
2016 – 14 с.

Укладач: О.Є. Капустян, ст. викладач
Рецензент: А.О. Шумілов, канд. техн. наук, доцент
Редактор: І.П. Аверченко
Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено
на засіданні кафедри ОТЗВ
Протокол № 2 від 27.09.2016

Рекомендовано до видання
НМК ІФФ
Протокол № 2 від 11.10.2016

ЗМІСТ

1 МЕТА РОБОТИ	4
2 ЗАВДАННЯ ДО РОБОТИ	4
3 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ	4
4 РОЗРАХУНОК СКЛАДУ ФЛЮСУ	6
5 ЗМІСТ ЗВІТУ	12
6 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ	13
7 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ	13
ЛІТЕРАТУРА	14

ДОСЛІДЖЕННЯ ЛЕГУВАННЯ НАПЛАВЛЕНОГО МЕТАЛУ ЧЕРЕЗ КЕРАМІЧНИЙ ФЛЮС

1 МЕТА РОБОТИ

Придбати практичні прийоми розрахунку керамічних флюсів, з метою зварювання легованих сталей.

2 ЗАВДАННЯ ДО РОБОТИ

Розрахувати кількість легуючих і шлакоутворюючих компонентів, необхідну для отримання керамічного флюсу, який дозволить наплавляти метал заданого хімічного складу; виготовити керамічний флюс та провести наплавлення в три шари; визначити хімічний склад наплавленого металу.

3 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Викладач видає варіант розрахункового завдання, узгоджує матеріал деталі (табл. 3.1), марку (табл. 3.2) та значення діаметра зварювального дроту (2; 3; 4; 5; 6 мм) та густини дроту.

2. По вище викладеній методиці здійснюється розрахунок складу флюсу.

3 Коефіцієнти переходу легуючих елементів із флюсу та склад феросплавів наведено в табл. 3.3 та 3.4 відповідно.

Таблиця 3.1 – Склад наплавленого металу, в % (середні значення)

№	Наплавлений метал	C	Si	Mn	Cr	V	W	Mo	Ni	Ti	Fe
1.	P18	0,80	-	-	4,20	1,20	18,5	0,20			75,10
2.	120X12Ф1	1,22	0,40	0,35	12,0	0,80	-	-			85,25
3.	200X20Г10В1Ф	2,00	0,04	10,0	19,0	0,70	1,0	-			67,26
4.	250X15МЗ	2,60	0,50	0,80	16,0	-	-	0,80			79,30
5.	300X20Г10В1Ф	2,60	0,04	10,0	19,0	0,80	1,0	-			66,36
6.	300X20Г10Ф5	2,80	0,04	10,0	19,0	5,0	-	-			63,16
7.	08ГС	0,12	0,40	0,70	-	-	-	-			98,78
8.	30ХГС	0.36	1.05	0.9	1.04						
9.	Г13	1.22	0.22	13.0	-						
10.	Г21Х15Т	0.05	0.66	20.88	14.66						
11.	1Х13	0.11	0.17	0.36	12.95		-		0.14		
12.	X28	0.2	1.2	0.8	27		-		0.6	0.3	
13.	1Х18Н9Т	0.09	0.74	0.88	18.1		-		9.82	0.4	
14.	X25Н20	0.25	1.5	2.0	25		-	-	20.5		

Таблиця 3.2 – Склад зварювального дроту, середні значення, %

№	Марка дроту	C	Si	Mn	Cr	V	W	Mo	Ti	Al	Fe
1	Св-08	0,10	0,03	0,50	0,15	-	-	-	-	0,01	99,13
2	Св-08А	0,10	0,03	0,50	0,12	-	-	-	-	0,01	99,16
3	Св-08Г2С	0,08	0,85	1,95	0,20	-	-	-	-	-	96,90

Таблиця 3.3 – Коефіцієнти переходу легуючих елементів із флюсу при вибраній шлако-газозахисній системі

C	Si	Mn	Cr	V	W	Mo	Ti	Al	Fe
0,40	0,40	0,45	0,75	0,75	0,75	0,60	0,1	0,1	1,0

Таблиця 3.4 – Склад феросплавів в %, (середні значення)

№ пп	Марка феросплаву	C	Si	Mn	Cr	V	W	Mo	Ti	Al	Fe
1	Ферованадій ВД-3	0,63	-	1,62	-	48,10	-	-	-	-	49,6 5
2	Феровольфрам	0,13	-	-	-	-	76,5	-	-	-	23,3 7
3	Феромолібден ФМ-1	0,06	0,77	-	-	-	-	55,06	-	-	44,1 1
4	Феротитан Ти-2	0,92	5,45	-	-	-	-	-	24,5	6,6	63,4 7
5	Ферохром Фх-200	1,79	0,80	0,16	0,16	69,73	-	-	-	-	27,5 2
6	Феромарганець Мн-0	0,33	1,70	91,6	91,6	-	-	-	-	-	6,37
7	Графіт	80,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4 РОЗРАХУНОК СКЛАДУ ФЛЮСУ

Розрахунок складу легуючих домішок до нейтрального керамічного флюсу для отримання в третьому шарі наплавлення високолегованої сталі ведеться виходячи з потреби легуючих елементів для легування одного метру дроту Св-08 заданого діаметра до необхідного рівня.

Нижче наведено приклад розрахунку керамічного флюсу, що дозволяє отримати наплавлений метал типу сталі 120Х12Ф1.

4.1. Визначити масу 1 м дроту Св-08 діаметром 2 мм:

$$G = \gamma \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 7,8 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} = 24,6 \text{ г} \quad (4.1)$$

де γ - густина заліза, г/см³;

d - діаметр дроту, см.

4.2. Визначити кількість елементів, що містяться в 24,6 г дроту

Св-08:

$$\text{Fe} = \frac{24,6 \cdot 98,83}{100} = 24,2 \text{ г} \quad (4.2)$$

де 98,83 – кількість заліза в дроті Св-08, в %;

$$\text{C} = \frac{24,6 \cdot 0,1}{100} = 0,0246 \text{ г} \quad (4.3)$$

де 0,1 – кількість вуглецю в дроті Св-08.

4.3. Визначити кількість легуючих елементів (окрім вуглецю) необхідне для легування 24,2 г заліза дроту до рівня сталі 120Х12Ф1:

$$\text{V} = \frac{24,2 \cdot 0,8}{85,07} = 0,227 \text{ г} \quad (4.4)$$

де 0,8 – середній вміст ванадію в сталі 120Х12Ф1, в %;

85,07 – середній вміст заліза в сталі 120Х12Ф1, в %.

$$\text{Cr} = \frac{24,2 \cdot 0,8}{85,07} = 0,227 \text{ г} \quad (4.5)$$

де 12 – середній вміст хрому в сталі 120Х12Ф1, в%.

Вуглець, марганець та кремній вводяться в метал шва як складові елементи феросплавів та дроту, тому їх вміст визначається після розрахунку всієї легуючої домішки.

4.4. З ванадієм і хромом з феросплавів в шихту добавляють залізо, яке необхідне долегувати до рівня сталі 120Х12Ф1.

З ферованадію переходить

$$\text{Fe} = \frac{49,55 \cdot 0,227}{48,1} = 0,234 \text{ г} \quad (4.6)$$

де 49,55 – кількість заліза у ферованадії, %;

48,1 – кількість ванадію у ферованадії, %;

0,227 – кількість ванадію внесеного для легування 24,2 г заліза з дроту, г.

Кількість заліза, що перейшло з ферохрому

$$\text{Fe} = \frac{29,4 \cdot 3,4}{67,93} = 1,47 \text{ г} \quad (4.7)$$

де 29,4 – кількість заліза в ферохромі, в %;

67,93 – кількість хрому в ферохромі, в %;

3,4 – кількість хрому, доданого в шихту для легування 24,2 г заліза.

Загальна кількість заліза, внесеного в шихту з феросплавами, становить:

$$\text{Fe} = 0,234 + 1,47 = 1,704 \text{ г} \quad (4.8)$$

4.5. Для підтримання потрібного складу наплавленого металу необхідно легувати додатково введені з феросплавами залізо

$$\text{V} = \frac{1,704 \cdot 0,8}{85,07} = 0,016 \text{ г} \quad (4.9)$$

де 1,704 – кількість додатково введенного заліза, г.;

0,8 – кількість ванадію в сталі X12Ф1, %;

85,07 – кількість заліза в сталі X12Ф1, %.

$$\text{Cr} = \frac{1,704 \cdot 12}{65,07} = 0,241 \text{ г} \quad (4.10)$$

де 1,704 – кількість додатково введенного заліза, г.;

12 – середній вміст хрому в сталі X12Ф1, %;

65,07 – кількість заліза в сталі X12Ф1, %.

4.6. Після повторного легування з феросплавами вноситься ще заліза:

$$\text{Fe}_{\text{FeV}} = \frac{49,55 \cdot 0,016}{48,1} = 0,0165 \text{ г} \quad (4.11)$$

де 0,016 – кількість ванадію, введенного в шихту для повторного легування, г;

$$\text{Fe}_{\text{FeCr}} = \frac{0,241 \cdot 29,43}{67,93} = 0,0105 \text{ г} \quad (4.12)$$

де 0,241 – кількість хрому, введенного в шихту для повторного легування, г.

Всього повторно введено заліза:

$$0,0165 + 0,0105 = 0,027 \text{ г} \quad (4.13)$$

що становить по відношенню до вмісту заліза в 1 метрі дроту Св-08 менше одноговідсотка.

4.7. Визначити загальну кількість заліза та легуючих елементів, що вводяться в керамічний флюс:

$$\Sigma \text{Fe} = 24,2 + 1,704 + 0,027 = 25,931 \text{ г}$$

$$\Sigma \text{Cr} = 3,4 + 0,241 = 3,641 \text{ г} \quad (4.14)$$

$$\Sigma \text{V} = 0,227 + 0,016 = 0,243 \text{ г}$$

В процесі наплавлення відбувається окислення, вигорання та т.п. легуючих елементів, тому для визначення остаточної кількості легуючих необхідно врахувати їх коефіцієнти переходу:

$$\text{V} = \frac{0,243}{0,7} = 0,349 \text{ г} \quad (4.15)$$

0,7 – величина коефіцієнта переходу для ванадію,

$$Cr = \frac{3,64}{0,75} = 4,85 \text{ г} \quad (4.16)$$

0,75 – величина коефіцієнта переходу для хрому.

Оскільки ванадій та хром вводяться у флюс в складі феросплавів, то для забезпечення потрібних кількостей легуючих компонентів необхідно взяти:

$$FeV = \frac{0,349 \cdot 100}{48,1} = 0,725 \text{ г} \quad (4.17)$$

48,1 – кількість ванадію в ферованадію, %

$$FeCr = \frac{4,85 \cdot 100}{67,93} = 7,14 \text{ г} \quad (4.18)$$

67,93 – кількість хрому в ферохромі, %.

4.8. Визначити необхідну кількість вуглецю для легування 25,931 г заліза.

$$C = \frac{25,931 \cdot 1,3}{85,07} = 0,396 \text{ г} \quad (4.19)$$

З урахуванням коефіцієнта переходу

$$C = \frac{0,396}{0,4} = 0,99 \text{ г} \quad (4.20)$$

0,4 – величина коефіцієнта переходу для вуглецю.

Окрім дроту Св-08 в наплавочний метал буде внесено вуглеці з феросплавів, що є в складі флюсу

$$C_{FeV} = \frac{0,63 \cdot 0,725}{100} = 0,00457 \text{ г} \quad (4.21)$$

0,63 – кількість вуглецю в ферованадію, %;

0,725 – кількість ферованадію.

$$C_{\text{FeCr}} = \frac{1,79 \cdot 7,14}{100} = 0,128 \text{ г} \quad (4.22)$$

де 1,79 – кількість вуглецю у ферохромі, %;

7,14 – кількість ферохрому.

Сумарна кількість вуглецю внесеного з дробом та феросплавами:

$$C = 0,0246 + 0,00457 + 0,128 = 0,15717 \text{ г} \quad (4.23)$$

Недостатню кількість вуглецю для легування 25,931 г заліза
 $0,99 - 0,15717 = 0,832 \text{ г}$ доповнимо графітом:

$$\frac{0,832 \cdot 100}{80} = 1,04 \text{ г} \quad (4.24)$$

де 80 – вміст вуглецю в графіті, %.

4.9. Сумарна кількість легуючих елементів становить

$$0,725 + 7,14 + 1,04 = 8,905 \text{ г} \quad (4.25)$$

4.10. В керамічний флюс окрім легуючих домішок вводять:

а) мінеральні шлако- та газоутворюючі компоненти;

б) розкислювачі та модифікатори;

в) зв'язуючі.

Наприклад, до складу розрахованого флюсу необхідно ввести:

CaCO_3 – 40 %;

CaF_2 – 13%;

$\text{TiO}_2 \cdot \text{FeO}$ – 12%;

легуючі – залишок (35%).

В загальному складі флюсу вміст кожного легуючого компонента складемо:

$$\text{FeV} = \frac{0,725 \cdot 35}{8,905} = 2,854 \% \quad (4.26)$$

де 8,906 – сумарна кількість легуючих елементів, г;
36 – процент легуючих елементів у флюсі;
0,725 – необхідна кількість ферованадію, г.

$$\text{FeCr} = \frac{7,14 \cdot 35}{8,905} = 28,1 \% \quad (4.27)$$

де 7,14 – необхідна кількість ферохрому, г

$$\text{графіт} = \frac{1,04 \cdot 35}{8,905} = 4,05 \% \quad (4.28)$$

1,04 – необхідна кількість графіту.

Остаточний склад керамічного флюсу для наплавлення сталі 120X12Ф1, в %.

CaCO ₃	CaF ₂	TiO ₂ ·FeO	FeV	FeCr	C (графіт)
40	13	12	2,85	28,1	4,05

5 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Вказати матеріал та галузі його можливого використання.
2. Докладний розрахунок складу флюсу.
3. Обґрунтування отриманих результатів.
4. Висновки по роботі.

6 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

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

У випадку виникнення пожежі або ураження електричним струмом, студенти повинні діяти у відповідності до затверджених інструкцій з охорони праці та пожежної безпеки.

7 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 7.1. Загальна класифікація флюсів.
- 7.2. Металургійна роль флюсів.
- 7.3. Утворення пор у металі шва при зварюванні під флюсом.
- 7.4. Характеристика плавлених флюсів.
- 7.5. Характеристика керамічних флюсів.
- 7.6. Реакція кремнію при зварюванні вуглецевої сталі під флюсом.
- 7.7. Реакція марганцю при зварюванні вуглецевої сталі під флюсом.
- 7.8. Спільне протікання реакцій кремнію та марганцю при зварюванні вуглецевої сталі під флюсом.
- 7.9. Сутність кремнемарганцевовідновлювального процесу при зварюванні вуглецевої сталі під флюсом.
- 7.10. Реакція сірки при зварюванні вуглецевої сталі під флюсом.
- 7.11. Реакція фосфору при зварюванні вуглецевої сталі під флюсом.
- 7.12. Вплив поверхневих окислів на утворення пор в металі шва при зварюванні вуглецевої сталі під флюсом.
- 7.13. Раціональні композиції флюсів при зварюванні низьковуглецевої сталі.
- 7.14. Склад флюсу АН-348А.
- 7.15. Флюси для зварювання легованих сталей.
- 7.16. Склад, властивості та функції зварювальних флюсів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хренов К.К., Кушнерев Д.М. Керамические флюсы для автоматической сварки и наплавки. – К.: ГИТЛ УССР, 1961. – 257с.
2. Сварка в машиностроении. Справочник. Том 1, 2. - М.: Машиностроение, 1978.
3. Теоретические основы сварки / Под ред. В.В. Фролова. - М.: Высшая школа, 1970. – 585 с.
4. Багрянский К.В., Добротина З.А., Хренов К.К. Теория сварочных процессов. – К.: Вища школа, 1976. – 423 с.