

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Запорізький національний технічний університет**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до лабораторної роботи № 4

з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» для всіх форм навчання

2016

Методичні вказівки до лабораторної роботи № 4 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» для всіх форм навчання / Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. - 10 с.

Укладач: О.Є. Капустян, ст. викладач

Рецензент: А.О. Шумілов, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено  
на засіданні кафедри ОТЗВ  
Протокол № 8 від 1.06.2016

Затверджено  
на засіданні НМК ІФФ  
Протокол № 10 від 21.06.2016

**ЗМІСТ**

1 МЕТА РОБОТИ .....	4
2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ .....	4
3 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ .....	8
4 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ.....	8
5 ЗМІСТ ЗВІТУ .....	9
6 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ .....	9
7 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ .....	10
ЛІТЕРАТУРА .....	10

# ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРОУТВОРЕННЯ В МЕТАЛІ ПРИ ДУГОВОМУ ЗВАРЮВАННІ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ

## 1 МЕТА РОБОТИ

Вивчення металургійних процесів взаємодії розплавленого металу з електродним покриттям при ручному дуговому зварюванні.

## 2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

У процесі зварювання в зоні плавлення відбувається інтенсивна взаємодія складових металу з газовою й шлаковою фазами. Характер цих реакцій, їх повнота й кінцеві продукти здебільшого визначають склад та властивості наплавленого металу і зварювального з'єднання в цілому.

В результаті взаємодії розплавленого металу з навколишнім середовищем відбуваються такі явища:

— насичення розплавленого металу киснем за рахунок його безпосередньої розчинності у зварювальній ванні й утворення розчинних в металі окисів заліза;

— насичення металу азотом за рахунок утворення нітридів  $Fe_2N$  або  $Fe_4N$  й безпосередньої розчинності азоту в сталі;

— розчинність водню в металі зварювальної ванни;

— розкислення наплавленого металу елементами розкислювачами.

Газоподібні продукти цих реакцій можуть визивати появи пор у наплавленому металі.

Так, наявність іржі, масла та інших органічних забруднень на кінцях металу, який зварюється, а також зварювання електродами з відволоженим покриттям або під відволоженим флюсом призводять до утворення пор у шві.

Поява пор пояснюється наступним:

а) при охолодженні зварювальної ванни, особливо в період кристалізації метал виявляється перенасиченим воднем (рис. 2.1), що призводить до його виділення за реакцією

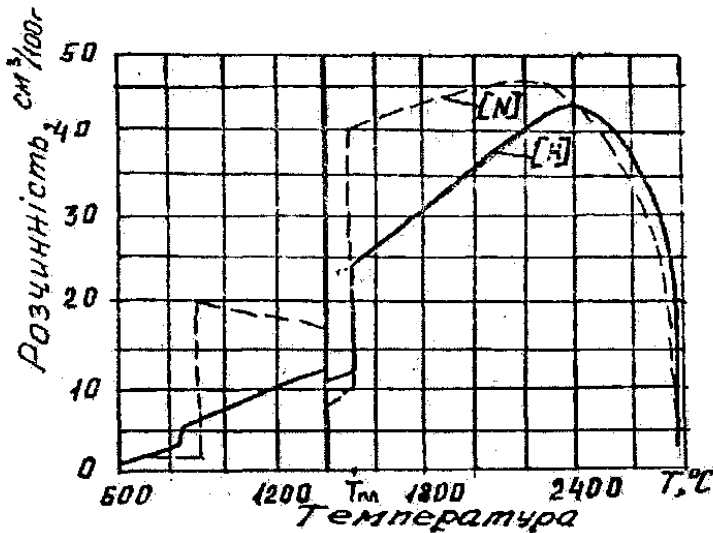


Рисунок 2.1 - Залежність розчинності водню і азоту в сталі від температури

Через те, що молекулярний водень практично нерозчинний у металі, його виділення з кристалізованого металу може висвітися одним із основних факторів, що обумовлюють виникнення пор в металі шва.

Джерелом водню в газовій фазі зони зварювання бувають: атмосферна волога, волога покриття й флюсу, кристалізаційна волога іржі на поверхні кінців зварювального металу;

б) значне окислення зварювальної ванни, що призводить до вигорання елементів-розкислювачів може призвести до утворення пор в металі шва, які визвано реакцією:



Продуктом взаємодії кисню й вуглецю в частині ванни, що кристалізується є нерозчинний в металі окис вуглецю. Бульбашки CO, захоплені зростаючими кристалами, залишаються в металі, утворюючи пори у шві. Достатньо велика концентрація кремнію у зварювальній ванні (0,2 % і більше) призводить до подавлення реакції (2.2) і до одержання щільного шва;

в) стрибкоподібні зміни розчинності азоту в металі (рис. 2.1) при кристалізації можуть виявитися одним з факторів, що сприяють появі й розвитку пор в металі шва:



Молекулярний азот практично нерозчинний у металі й може визивати утворення пор.

Основним джерелом азоту в газовій фазі зони зварювання є навколишня атмосфера.

Насиченість зварювальної ванни воднем й киснем може, при охолодженні тильної частини ванни, призвести до їх взаємодії за реакцією:



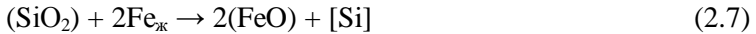
Продукт цих реакцій - пари води та гідроксил нерозчинні в металі. При швидкому просуванні фронту кристалізації наплавленого металу газоподібні продукти цих реакцій не встигають виділитися зі зварювальної ванни; бульбашки газу захоплюються зростаючими кристалами й залишаються у шві, утворюючи пори;

г) іржа або окалина поверхні кінців металу, що зварюється може бути причиною виникнення пор у металі шва.

Взаємодіючи з рідким залізом за реакцією:



окалина викликає підвищення змісту FeO в системі «шлак-метал». На основі констант рівноваги реакцій кремне- марганце-відновних процесів:



можна написати

$$[\text{Si}] = K_c(\text{SiO}_2) / (\text{FeO})^2 \quad (2.9)$$

$$[\text{Mn}] = K_c(\text{MnO}) / (\text{FeO}) \quad (2.10)$$

Звідси випливає, що підвищення  $\text{Fe}_2\text{O}$  у шлаці (або металі), викликане окалиною, гальмує відновлення кремнію й марганцю із покриття. Це потягне за собою інтенсифікацію реакції (2.2) окислення вуглецю в частині ванни, що кристалізується.

Окис вуглецю, що виділяється, нерозчинний у металі та є причиною утворення пор.

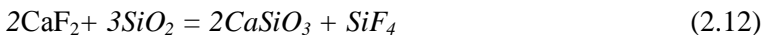
При наявності іржі на кінцях металу, що зварюється, утворення пор відбувається не тільки внаслідок виділення окису вуглецю. Пори виникають при вмісту кремнію у шві більше 0,2 %, коли реакція (2.2) при температурі кристалізації практично повністю гальмується.

У дузі пари води, які виділяються із іржі під впливом тепла, взаємодіють з рідким залізом. Із виразу константи рівноваги реакції (2.4):

$$K = [\text{H}]^2 \cdot [\text{O}] / \text{H}_2\text{O} \quad (2.11)$$

слідuje, що при даному парціальному тиску парів води в газовій фазі достатньо великий ступінь розкислення металу (велика концентрація кремнію) призведе до інтенсивного поглинання водню металом у високотемпературній частині ванни. У цьому випадку утворення пор пов'язано з виділенням водню з частини ванни, що кристалізується, за реакціями (2.1, 2,4 і 2,5).

Велике значення для запобігання водневої пористості має наявність у шлаці флюориту –  $\text{CaF}_2$  взаємодіючого за реакцією:



Із закону діючих мас випливає, що виділення легкого тетрафториду кремнію (температура кипіння + 95,7° С) за реакцією (2.12) при інших умовах відбуватиметься тим активніше, чим більша концентрація у шлаці і чим менше в ньому вмісту вапна СаО. Внаслідок цього знижується сприйняття зварювальної ванни до іржі з точки зору можливого утворення пор.

На процес можливого утворення пор впливає окисний характер газової фази, при якому частина водню пов'язується у нерозчинний у металі гідроксил (ОН), а деяка окисленість рідкого металу призводить до обмеження розчинності водню у ньому. При цьому чутливість металу до іржі (утворення пор) знижується.

### **3 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ**

3.1 Пост для ручного дугового зварювання на постійному або змінному струмі.

3.2 Пластини маловуглецевої сталі 5x50x80 мм із іржею і очищені.

3.3 Електроди АНО-4, УОНИ-13/45.

3.4 Іржа-порошок.

### **4 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ**

4.1 Зварити АНО-4 і УОНИ-13/45 дві очищені та дві іржаві пластини. На зламі перевірити щільність шва.

4.2 Зробити аналогічні дослідження, змінивши іржу іншими матеріалами, наприклад - масла, волога.



## 5 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт повинен містити опис дослідів та детального аналізу отриманих результатів.

## 6 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 6.1 Утворення зони плавлення при дуговому зварюванні.
- 6.2 Умови утворення шва.
- 6.3 Розміри зварювальної ванни.
- 6.4 Тривалість перебування металу зварювальної ванни у рідкому стані.
- 6.5 Температура металу в зоні плавлення при дуговому зварюванні.
- 6.6 Частки участі основного і присадного металу в утворенні шва.
- 6.7 Вихідна концентрація елементів у зоні плавлення та їх аналітична концентрація у шві.
- 6.8 Металургійна роль і загальна класифікація флюсів.
- 6.9 Реакція кремнію при зварюванні вуглецевої сталі під флюсом.
- 6.10 Реакція марганцю при зварюванні вуглецевої сталі під флюсом.
- 6.11 Спільний перебіг реакцій кремнію і марганцю при зварюванні вуглецевої сталі під флюсом.
- 6.12 Кремне-марганцевідновний процес при зварюванні вуглецевої сталі під флюсом.
- 6.13 Реакція сірки при зварюванні вуглецевої сталі під флюсом.
- 6.14 Реакція фосфору при зварюванні вуглецевої сталі під флюсом.
- 6.15 Раціональні композиції флюсів при зварюванні маловуглецевої сталі.
- 6.16 Флюси для зварювання легованих сталей.
- 6.17 Флюси для газового зварювання маловуглецевої сталі.

- 6.18 Флюси для зварювання алюмінію.
- 6.19 Склад флюсу АН-348А (ГОСТ 9087-81).
- 6.20 Склад флюсу АН-20.
- 6.21 Склад електродного дроту Св-08 (ГОСТ 2246-70).

## **7 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ**

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

7.2 Забороняється вмикати електричні прилади та обладнання без дозволу завідуючого лабораторією або викладача.

7.3 У випадку виявлення неполадок обладнання студент повинен негайно повідомити викладача або завідуючого лабораторією.

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

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Теоретические основы сварки. Винокуров В.А., Фролов В.В., Волченко В.А. и др., под ред. В.В. Фролова – 2-е изд. – М.: Высшая школа, 1988. – 592 с.
2. Багрянский К.В., Добротина З.А., Хренов К.К. Теория сварочных процессов. - К.: Высшая школа, 1976. - 423 с.
3. Петров Г.Л., Тумарев А.С. Теория сварочных процессов. - М.: Высшая школа, 1977. - 487 с.
4. Теоретические основы сварки /Под ред. В.В.Фролова.- М.: Высшая школа, 1970. - 592с.