МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи №4
з дисципліни «Теорія зварювальних процесів» для студентів
спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання

2019

Методичні вказівки до лабораторної роботи №4 з дисципліни «Теорія зварювальних процесів» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання / Укл. О.Є. Капустян, С.І. Замковой. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019 – 10 с*.

Укладачі:
Капустян О.Є., канд. техн. наук, доцент
Замковой С.І., зав. лаб.

Рецензент: Куликовський Р.А., канд. техн. наук, доцент

Голова методичної комісії каф. ОТЗВ
д. ф. н., проф. С.М. Попов

Редактор: Аверченко І.П., ст. лаб

Відповідальний за випуск:
Капустян О.Є., канд. техн. наук, доцент

Затверджено
на засіданні кафедри ОТЗВ
Протокол №4 від 14.11.2019 р.

Рекомендовано
до видання НМК ІФФ
Протокол №4 від 10.12.2019 р.

* Методичні вказівки складено на основі «Методичних вказівок до виконання лабораторних занять з дисципліни «Теорія зварювальних процесів» для студентів спеціальності: 6.092301 для всіх форм навчання / Укл.: Ю.М. Ткаченко»

ЗМІСТ

1 Мета роботи 4
2 Загальні відомості..... 4
3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи 8
4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання 9
5 Вказівки з техніки безпеки 9
6 Порядок проведення лабораторної роботи 10
7 Зміст звіту..... 10
Рекомендована 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

$$H_2=2[H] \qquad (2.1)$$

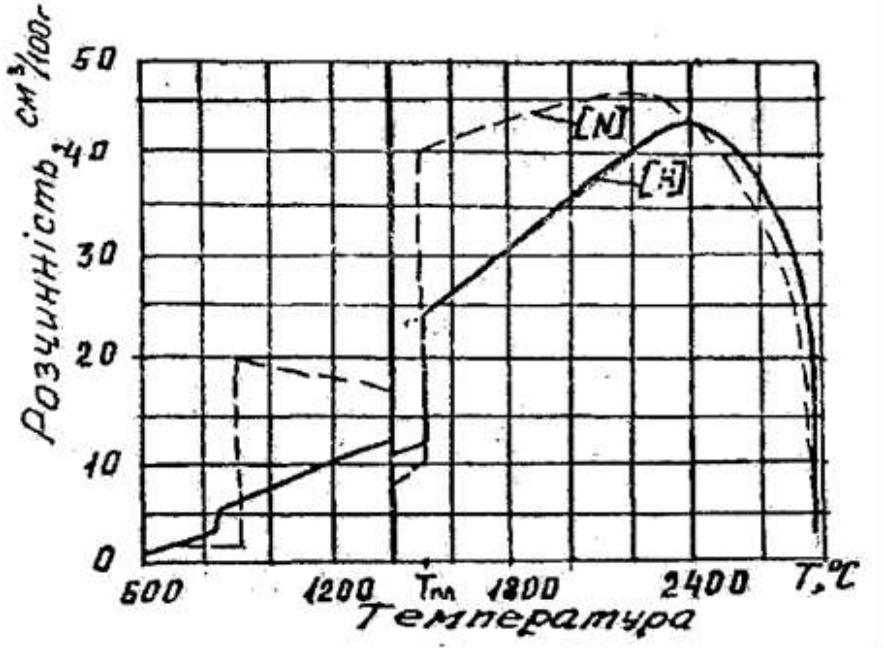

Рисунок 2.1 - Залежність розчинності водню і азоту в сталі від температури

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:

$$[C] + [O] = CO \qquad (2.2)$$

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:

$$N_2=2[N] \qquad (2.3)$$

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:

$$2[H] + [O] = H_2O \qquad (2.4)$$

$$[H] + [O] = OH \qquad (2.5)$$

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:

$$Fe_3O_4 + Fe_ж = 4FeO \qquad (2.6)$$

окалина викликає підвищення змісту FeO в системі «шлак-

метал». На основі констант рівноваги реакцій кремне- марганце-відновних процесів:

$$(SiO_2) + 2Fe_ж \rightarrow 2(FeO) + [Si] \quad (2.7)$$

$$(MnO) + Fe_ж \rightarrow (FeO) + [Mn] \quad (2.8)$$

можна написати

$$[Si] = K_c(SiO_2)/ (FeO)^2 \quad (2.9)$$

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

Звідси випливає, що підвищення Fe_2O 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):

$$K = [H]^2 \cdot [O]/H_2O \quad (2.11)$$

слідує, 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 – CaF_2 взаємодіючого за реакцією:

$$2CaF_2 + 3SiO_2 = 2CaSiO_3 + SiF_4 \quad (2.12)$$

$$SiF_4 + 3H = SiF + 3HF \qquad (2.13)$$

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 CaO. 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 (OH), а деяка окисленість рідкого металу призводить до обмеження розчинності водню у ньому. При цьому чутливість металу до іржі (утворення пор) знижується.

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Утворення зони плавлення при дуговому зварюванні.
2. Умови утворення шва.
3. Розміри зварювальної ванни.
4. Тривалість перебування металу зварювальної ванни у рідкому стані.
5. Температура металу в зоні плавлення при дуговому зварюванні.
6. Частки участі основного і присадного металу в утворенні шва.
7. Вихідна концентрація елементів у зоні плавлення та їх аналітична концентрація у шві.
8. Металургійна роль і загальна класифікація флюсів.
9. Реакція кремнію при зварюванні вуглецевої сталі під флюсом.
10. Реакція марганцю при зварюванні вуглецевої сталі під флюсом.
11. Спільний перебіг реакцій кремнію і марганцю при

зварюванні вуглецевої сталі під флюсом.

12. Кремне-марганцевідновний процес при зварюванні вуглецевої сталі під флюсом.

13. Реакція сірки при зварюванні вуглецевої сталі під флюсом.

14. Реакція фосфору при зварюванні вуглецевої сталі під флюсом.

15. Раціональні композиції флюсів при зварюванні маловуглецевої сталі.

16. Флюси для зварювання легованих сталей.

17. Флюси для газового зварювання маловуглецевої сталі.

18. Флюси для зварювання алюмінію.

19. Склад флюсу АН-348А (ГОСТ 9087-81).

20. Склад флюсу АН-20.

21. Склад електродного дроту Св-08 (ГОСТ 2246-70).

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1. Пост для ручного дугового зварювання на постійному або змінному струмі.
2. Пластини маловуглецевої сталі 5х50х80 мм із іржею і очищені.
3. Електроди АНО-4, УОНИ-13/45.
4. Іржа-порошок.

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 повинен негайно повідомити викладача або завідуючого

лабораторією.

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

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Зварити АНО-4 і УОНИ-13/45 дві очищенні та дві іржаві пластини. На зламі перевірити щільність шва.
2. Зробити аналогічні дослідження, змінивши іржу іншими матеріалами, наприклад - масла, волога.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт повинен містити опис дослідів та детального аналізу отриманих результатів.

РЕКОМЕНДОВАНА 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.