

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи № 4 «Дослідження пороутворення в металі при ручному дуговому зварюванні низьковуглецевих сталей»
з дисципліни «Теорія процесів зварювання» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання

2017

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 4
«Дослідження пороутворення в металі при ручному дуговому
зварюванні низьковуглецевих сталей» 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.

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

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

У процесі ручного дугового зварювання в зоні плавлення відбувається інтенсивна взаємодія складових металу з газовою й шлаковою фазами. Характер цих реакцій, їх повнота та кінцеві продукти здебільшого визначають склад і властивості наплавленого металу й 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 та утворення розчинних в металі окисів заліза;

— насичення металу азотом за рахунок утворення нітридів Fe_2N або Fe_4N та 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



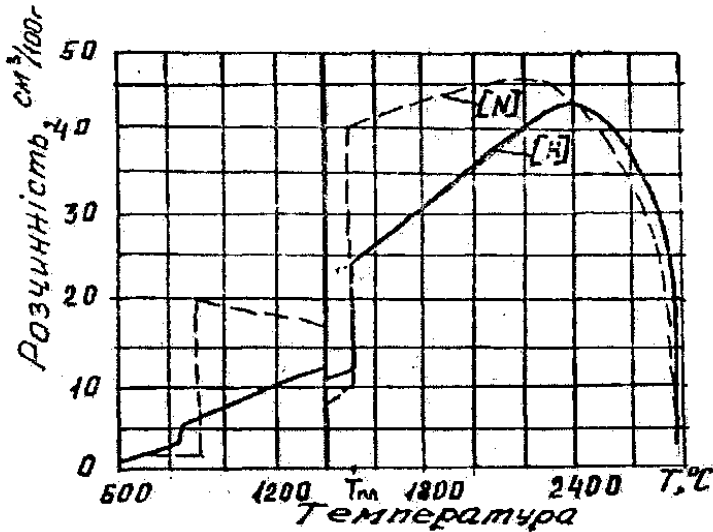


Рисунок 2.1 - Залежність розчинності водню і азоту в сталі від температури

Через те, що молекулярний водень практично нерозчинний у металі, його виділення з кристалізованого металу може стати 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, яке призводить до вигорання елементів-розкислювачів може призвести до утворення пор в металі шва, що визвано реакцією:



Продуктом взаємодії кисню і вуглецю в частині ванни, що кристалізується, є нерозчинний в металі окис вуглецю. Бульбашки CO, які захоплені зростаючими кристалами, залишаються в металі, утворюючи пори у шві. Достатньо велика концентрація кремнію у зварювальній ванні (0,2 % і більше) призводить до пригнічення 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 та розвитку пор в металі шва:

$$N_2=2[N]. \quad (2.3)$$

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

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

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



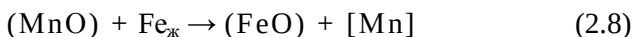
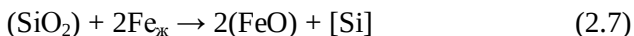
Продукт цих реакцій - пари води та гідроксил нерозчинні в металі. При швидкому просуванні фронту кристалізації наплавленого металу газоподібні продукти цих реакцій не встигають виділитися зі зварювальної ванни; бульбашки газу захоплюються зростаючими кристалами та залишаються у шві, утворюючи пори;

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

Взаємодіючи з рідким залізом за реакцією (2.6) окалина викликає підвищення вмісту 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 Fe_2O у шлаці (або металі), викликане окалиною, гальмує відновлення кремнію і марганцю з 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.

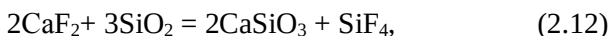
При наявності іржі на кінцях металу, що зварюється, утворення пор відбувається не тільки внаслідок виділення окису вуглецю. Пори виникають при вмісту кремнію у шві більше 0,2 %, коли реакція (2.2) при температурі кристалізації практично повністю гальмується.

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

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

слідую, 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).

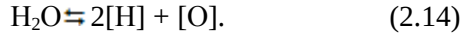
Велике значення для запобігання водневої пористості має наявність у шлаці флюориту – CaF_2 , який взаємодіє за реакцією:



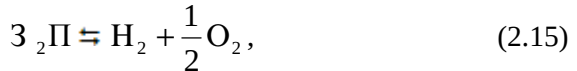
Із закону діючих мас випливає, що виділення легкого тетрафториду кремнію (температура кипіння + 95,7° C) за реакцією (2.12) при інших умовах відбуватиметься тим активніше, чим більша концентрація у шлаці та чим менше в ньому вмісту вапна CaO . Внаслідок цього знижується сприйняття зварювальної ванни 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 (ОН), а деяка окисленість рідкого металу призводить до обмеження розчинності водню у ньому. При цьому чутливість металу до іржі (утворення пор) знижується.

Водяний пар в умовах зварювальної дуги буде дисоціювати по реакції (2.14).



Реакція (2.14) ітогова, оскільки продукти її утворюються по самостійним реакціям (2.15, 2.16 та 2.17):



Константа рівноваги реакції (2.16) залежить від температури і може бути підрахована за рівнянням

$$\lg k_{\text{H}} = \ln \frac{a_{[\text{H}]}}{P_{\text{H}_2}^{1/2}} = -\frac{1900}{T} - 1.577. \quad (2.18)$$

Оскільки розчинність водню мала, то для аналізу можна прийняти його активність у розчині $a_{[\text{H}]} = [\text{H}]^0$ %. Але, оскільки у газовій фазі присутній також кисень, який має розчинність у рідкому залізі, то розчинність водню [H] буде залежати від концентрації кисню [O] у розчині, тоді розглянемо реакцію:



Константу рівноваги, якої підрахуємо по рівнянню (2.20):

$$\lg k_{a_{(H)}} = \lg \frac{P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{H}_2} \cdot a_{[\text{O}]}} = \frac{6728}{T} - 2.976, \quad (2.20)$$

де $P_{\text{H}_2\text{O}}$ – парціальний тиск водневого газу у початковій газовій фазі;
 $a_{[\text{O}]}$ активність кисню у металі, яку приблизно можна прийняти рівною концентрації.

Тоді розчинність водню:

$$[\text{H}] \% = K_{\text{H}} \sqrt{\frac{P_{\text{H}_2\text{O}}}{I + K_a \cdot a_{[\text{O}]}}}. \quad (2.21)$$

З КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Умови утворення пор.
2. Поглинання водню.
3. Вплив водню на властивості сталей.
4. Засоби захисту від водню.
5. Методика розрахунку кількості розчинного водню.
6. Залежність розчинності водню в сталі від температури.
7. Константа рівноваги та парціальний тиск газу.

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1. Пост для ручного дугового зварювання на постійному або змінному струмі.
2. Пластини маловуглецевої сталі 5x50x80 мм із іржею і очищені.
3. Електроди Ø 4 мм АНО-4, УОНИ-13/45.
4. Іржа-порошок.
5. Мастило.

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. Зварити електродами АНО-4 і УОНИ-13/45 по дві пластини з додаванням у зварювальну ванну у першому випадку – іржі, у другому – мастила, у третьому - вологи.
2. Розглянути злам зварного з'єднання, за допомогою мікроскопу із збільшенням $\times 7$ – $\times 20$ разів. Виявити водневі пори і пори, які з'явилися за рахунок інших газів, або газових сумішей.

Пояснити в яких випадках утворюються тільки водневі пори.

3. Провести розрахунки кількості розчинного водню за умови, що у газовій фазі кількість водню, парів води у межах 0,05 – 0,1 %.

4. Описати методику експерименту.

5. Пояснити механізм утворення пор та методи їх попередження.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Тема та мета роботи.

2. Відомості щодо пороутворення при ручному дуговому зварюванні.

3. Опис дослідів.

4. Детальний аналіз отриманих результатів.

5. Висновки по роботі.

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. – 592 с.