

потоки, що сприяють перемішуванню розплаву і розповсюдженню в його об'ємі кристалів, які утворилися на кристалізаторі. Представлений алгоритм розрахунку часу обробки розплаву вібруючим кристалізатором показує, що ефективність обробки залежить від радіусу кристалізатора r , максимальної його амплітуди A , періоду коливань T та об'єму розплаву.

Література:

1. Шейгам В.Ю., Пригунова А.Г., Кошелєв М.В., Нурадінов А.С., Дука В.М., Шеневідько Л.К., Вернидуб А.Г. Управління структурою виливка через відкриту поверхню надливу // Процеси лиття, 2021. – №4. – С.30-39.
2. Воздействие мощного ультразвука на межфазную поверхность металлов / О.В. Абрамов, В.И. Добаткин, В.Ф. Казанцев и др. – М.: Наука, 1986. – 275 с.
3. Tsurkin V.N., Ivanov A.V., Cherepovskii S.S., Vasyanovich N.A. Comparative analysis of functional possibilities of methods of pulse treatment of a melt // Surf. Eng. Appl. Electrochem, 2016. – Volume 52(№2). – P. 181–185.

Прилипко О.О, Радзієвська А.А., Шепелюк Ю.А.
(ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України, м. Київ)

**ВПЛИВ ГЛИБИНИ ЗВАРЮВАННЯ НА ФОРМУВАННЯ ХІМІЧНОГО
СКЛАДУ ШВА ПРИ ЗВАРЮВАННІ ПІД ВОДОЮ**

E-mail: ead56@ukr.net

В системах водного транспорту значна частина його елементів (плавзасоби, портові споруди, системи трубопроводів і т. і.) експлуатуються безпосередньо у воді, що за підвищеного ризику їх відмови ускладнює роботу з ними. Тому підводне зварювання є незамінною технологією для монтажних, аварійно-ремонтних та профілактичних робіт.

В світовій практиці переважно використовується метод "сухого" зварювання, коли місце зварювання ізолюється від зовнішнього водного середовища за допомогою кесонів або боксів.

Такий метод є дуже дорогим та трудовитратним і, що важливіше, потребує значного часу для виконання робіт. Для аварійно-рятувальних робіт ця особливість практично виключає можливість використання «сухого» підводного зварювання.

Альтернативним методом є «мокре» підводне зварювання, за якого електрична дуга запалюється безпосередньо у водному середовищі. Зрозуміло, що такий метод незамінний для аварійно-рятувальних робіт, завдяки своїй оперативності і має великі перспективи, бо значно дешевший за «сухе» зварювання.

Нажаль, «мокре» підводне зварювання має суттєві недоліки, обумовлені впливом середовища. Зокрема, це – утворення холодних тріщин в зоні термічного впливу. Одним з напрямів вирішення цієї проблеми може бути використання нових електродних матеріалів, які забезпечують достатню якість шва.

Зварні шви сучасних підводних металоконструкцій відповідального призначення часто за рівнем механічних властивостей не повинні поступатися швам, виконаним на суші. У той же час фізико-хімічні та металургійні процеси при зварюванні під водою протікають в важких, екстремальних умовах, що обумовлює складність отримання якісних з'єднань.

Попередні досліді з використанням спеціального порошкового дроту підтвердили ефективність цього напрямку.

Але чутливість технології до хімічного складу сталі та навіть незначних відхилень умов зварювання (солоня чи прісна вода, її температура, глибина зварювання та інше) викликають необхідність спеціальних досліджень [1,2].

При підводному мокрому зварюванні підвищена схильність швів до утворення пір стосується в основному з неминуче високою насиченістю металу зварювальної ванни воднем.

При порушенні нормального перебігу процесу зварювання можливі виникнення різних дефектів у будові шва, які знижують механічні властивості шва та загалом, особливо їх міцність. Цей процес протікає тим сильніше,

що більший гідростатичний тиск. Зміна умов зварювання істотно змінює структуру зварного з'єднання [3-6].

Хімічний склад матеріалу областей зварного з'єднання вивчали методом оптичного емісійного спектрального аналізу. Цей метод дає можливість вивчення хімічного складу в локальних ділянках зразка, що дуже важливо в аспекті макрота мікронеоднорідності структури. Хімічний аналіз виконували по чотирьох основних легувальних елементах (Cr, Mn, Si, Ni), притаманних як сталі 17Г1С, так і електроду.

Дані, отримані при аналізі наплавки та зони термічного впливу (ЗТВ), представлені на рис. 1. Зведені на одну діаграму значення вмісту легувальних елементів переконливо демонструють суттєвий вплив глибини зварювання на формування хімічного складу наплавленого металу та металу ЗТВ.

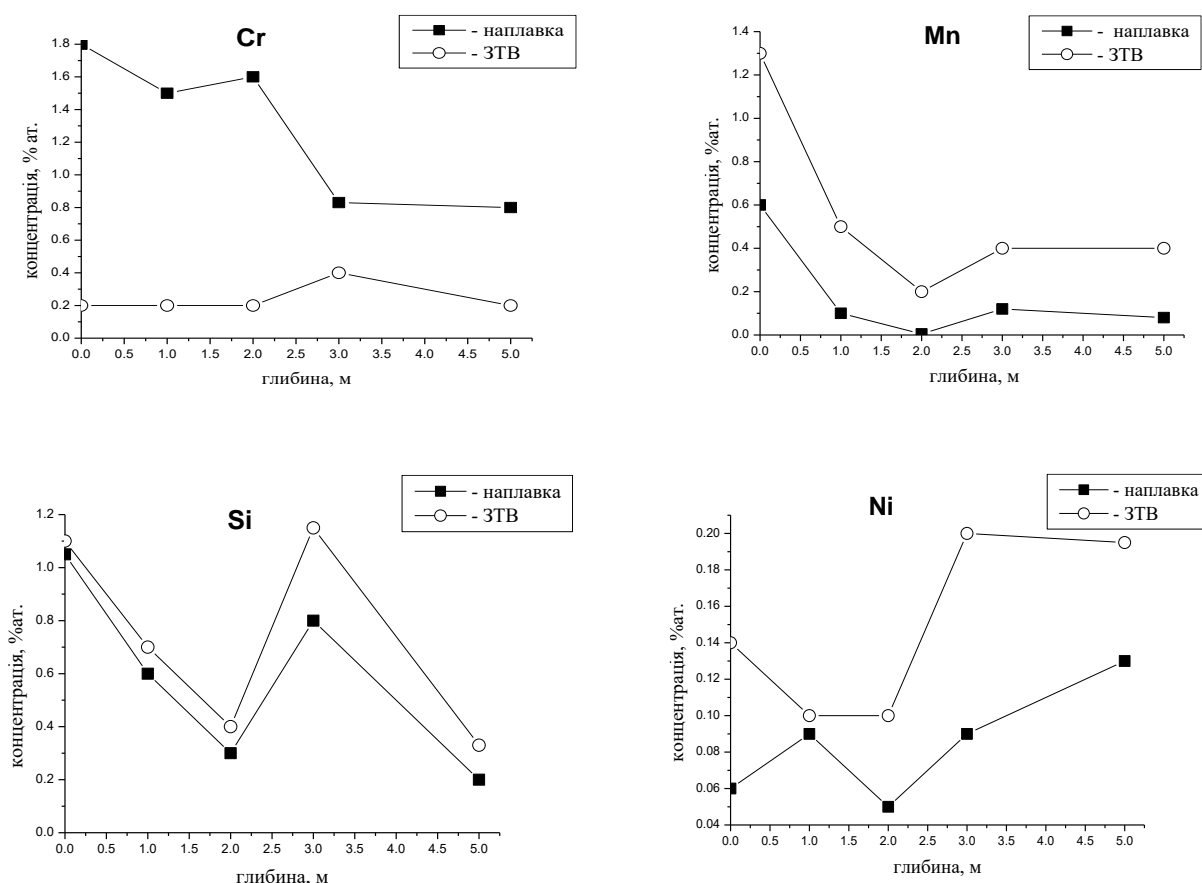


Рис. 1. Залежності вмісту легувальних елементів від глибини підводного зварювання в області наплавки (◆) та ЗТВ (○)

В той же час в ЗТВ перерозподіл хімічних елементів відбувається повільніше, ніж в наплавці. Можна зазначити, глибина зварювання дуже змінює вміст нікелю, якій зростає з глибиною зварювання. Дивним є поведінка кремнію, вміст якого екстремально зростає при глибині зварювання $h = 30$ м.

Таким чином, формується складна картина перерозподілу хімічних елементів в наплавці та ЗТВ. Детальне вивчення механізму перерозподілу лежить за межами даного дослідження, але отримані результати дозволяють висунути робочу гіпотезу.

Досить просте пояснення різниці між напавкою та ЗТВ полягає в тому, що в першому випадку зміни хімічного складу відбуваються шляхом розбавлення розплавленого матеріалу електроду залізом та іншими складовими сталі 17Г1С, а в другому – шляхом дифузійного масоперенесення.

Зрозуміло, що дифузійний процес в твердому тілі значно повільніший, ніж розчинення та конвективний масообмін в рідкому розплаві. Якщо врахувати, що в сталі нікелю та хрому майже немає, а в електроді вони є суттєвою складовою, то стає зрозумілим зростання їх концентрацій в ЗТВ. Те ж саме стосується марганцю, який навпаки присутній в сталі та майже відсутній в складі електроду.

Ці прості пояснення не враховують впливу глибини зварювання, яка досить суттєво впливає як на абсолютний вміст легуючих елементів, так і на співвідношення їх концентрацій.

Можливий механізм впливу полягає в значному збільшенні концентрації розчинених газів в зварювальній ванні рідкого металу при підвищенні зовнішнього тиску. Розчинені гази можуть змінювати в'язкість розплаву (вірогідно, збільшуючи її), що, безумовно, впливає на конвективне масоперенесення і, тим самим, на розчинення матеріалу основи (сталі). Додатковим фактором є процес видалення газів з рідкої ванни.

Література:

1. Аснис А.С. Подводная сварка и резка металлов. – Киев: ИЭС им. Е.О. Патона АН УССР. – 1980. – 96 с.

2. Коттон Х.К., Харт П.Х., Грабе С.Е. Подводная сварка морских сооружений. - Судостроение. - 1983. - 128 с.
3. Мельник Ю.П., Савич И.М., Глухова Е.В. Особенности термического цикла сварки низкоуглеродистой стали под водой // Автоматическая сварка. - 1976. -№1.
4. Грецкий Ю.Я., Максимов С.Ю., Кравченко Н.В. Содержание водорода в металле шва при подводной сварке электродами с флюоритно-карбонатным покрытием // Автоматическая сварка. -1994. -№4. -С.57.
5. Герцрикен С. Д. Диффузия в металлах и сплавах в твердой фазе // С. Д. Герцрикен, И. Я. Дехтяр. – М.: Физматгиз. -1960. – 38 с.
6. Влияние скорости охлаждения на искажение кристаллической решетки при сварке под водой и на воздухе / И.М.Савич, Н.Л.Карета, А.А.Гришанов, В.Н.Сладкова // Автомат сварка, 1982, №5. С.8-9.

Присяжнюк П.М., Шлапак Л.С., Гавкалюк В.І.

(ІФНТУГ, м. Івано-Франківськ)

**МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ РОЗЧИНЕНОГО ВОДНЮ НА ПРУЖНІ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ФЕРИТУ**

E-mail: pavlo1752010@gmail.com

Явище водневого окрихчення конструкційних сталей на даний час інтенсивно досліджується як із теоретичної, так із експериментальної точки зору. Зокрема у праці [1] проведено аналіз існуючих концепцій щодо його причин виникнення та наведено моделі, які дозволяють проводити ефективно прогнозування рівня фізико-механічних характеристик наводнених сталей із застосуванням методів механіки деформівного середовища. Серед вихідних даних для такого роду розрахунків важливе значення має рівень пружних констант, який визначається напруженим станом кристалічної структури за рівноважних та нерівноважних умов. Серед відомих методів моделювання кристалічної структури для умов взаємодії сталей із водневмісними середовищами раціонально