

УДК: 621.791:669.14.018.2.8

Максимов С.Ю., докт. техн. наук
Прилипко О.О., канд. техн. наук
Шепелюк Ю.А. зав. групи

Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, м. Київ, ead56@ukr.net

ФОРМУВАННЯ РОЗПОДІЛУ ВНУТРІШНИХ НАПРУЖЕНЬ ПРИ ЗВАРЮВАННІ ПІД ВОДОЮ ПІД ВПЛИВОМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ

Зварні шви сучасних підводних металокопункцій 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 дослідження 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.

При порушенні нормального перебігу процесу зварювання можливі виникнення різних дефектів у будові шва, які знижують механічні властивості шва та з'єднання загалом, особливо їх міцність. Цей процес протікає тим сильніше, що більший гідростатичний тиск. Зміна умов зварювання істотно змінює структуру зварного з'єднання.

При мокрому зварюванні під водою навколишнє середовище чинить подвійний ефект на механічні властивості металу зварних з'єднань. З одного боку, у результаті прискореного охолодження міцність зварних з'єднань зростає, з іншого боку, знижується їх пластичність. Усунення цього недоліку можливо металургійним шляхом, а саме легуванням металу швів для одержання необхідної мікроструктури.

Альтернативою металургійному підходу може служити створення умов примусової дегазації зварювальної ванни та збільшення часу її існування шляхом застосування зовнішнього електромагнітного впливу (ЗЕВ), який сприяє зниженню хімічної мікронеоднорідності, рівномірному розподілу легуючих елементів, зниженню пористості та формуванню дрібнокристалічної структури. Проведені раніше експерименти показали значне зниження розмірів пор і їх більш рівномірне розташування в об'ємі металу зварних швів, зменшення параметра кристалічної ґратки.

Однак механізм впливу магнітного поля на структурні перетворення в металі зварних швів є мало вивченим. [1-6].

Мета роботи - дослідження впливу дії (ЗЕВ), на мікроструктуру, фазовий склад, дислокаційну структуру металу зварних з'єднань низьколегованої сталі при зварюванні під водою.

Дослідження структури проводили методами оптичної металографії (мікроскопи Neophot-32 і Versamet-2, Японія) і трансмісійної електронної мікроскопії (ТЕМ, мікроскоп JEM-200CX, фірми JEOL, Японія). Твердість (HV, МПа) вимірювали на твердомірі М-400 (фірми Leco, США).

Співставленням структури металу з (ЗЕВ), при порівнянні з варіантом без (ЗЕВ), у центрі шва ширина кристалітів зменшується практично у 2 рази. Поблизу лінії сплавлення (метал шва), а також в ЗТВ відбувається подрібнення зеренної та пакетної структури в 1,3...1, 4 рази. При цьому в металі з ЗТВ спостерігається зниження мікротвердості. Така структура забезпечує рівномірний рівень міцності і пластичності вздовж лінії сплавлення.

Зіставленням особливостей тонкої структури досліджуваних зразків встановлено, що в металі варіанту без (ЗЕВ), спостерігаються найбільші градієнти за розмірами рейкових структур, а також по щільності дислокацій, що може призводити до нерівномірного рівня

механічних властивостей металу, підвищення рівня локальних внутрішніх напружень і, відповідно, зниження його тріщиностійкості.

У металі варіанту з (ЗЕВ), спостерігається диспергування структури при загальному зниженні і рівномірному розподілі дислокацій в об'ємі структурних складових.

У металі ЗТВ зварного з'єднання варіанту з (ЗЕВ), спостерігається рівномірний розподіл щільності дислокацій в об'ємі структурних складових, що не призводить до градієнтів внутрішніх напружень при відносно низькому їх рівні. Це, відповідно, буде забезпечувати високу тріщиностійкість зварних з'єднань.

Експериментальні дослідження дислокаційної структури зразків з (ЗЕВ) та без (ЗЕВ) дозволили провести аналітичну оцінку рівня локальних внутрішніх напружень в зонах їх концентраторів – місцях локалізації деформації, тобто скупчень дислокацій

У металі ЗТВ зварного з'єднання варіанту без (ЗЕВ) спостерігаються найбільші градієнти локальних внутрішніх напружень при загальному підвищенні їх рівня, що обумовлено нерівномірним розподілом щільності дислокацій та її підвищенням як в об'ємі, так і по границях.

У металі ЗТВ зварного з'єднання варіанту з (ЗЕВ) спостерігається рівномірний розподіл щільності дислокацій в об'ємі структурних складових, що не призводить до градієнтів внутрішніх напружень при відносно низькому їх. Це, відповідно, буде забезпечувати високу тріщиностійкість зварних з'єднань.

Таким чином, дослідженнями зварних з'єднань, отриманих зварюванням під водою, встановлено, що застосування (ЗЕВ) забезпечує: подрібнення зеренної структури фериту; рівномірний розподіл щільності дислокацій у внутрішніх об'ємах бейнітних складових, відсутність зон локалізованої деформації по границях рейкових структур; зниження рівня локальних внутрішніх напружень.

Виконано аналіз впливу структурних факторів на дислокаційному рівні в зміну локальних внутрішніх напружень – зон локалізації деформації в структурах верхнього та нижнього бейніту для досліджуваних варіантів зварних з'єднань. Встановлено структурні умови одержання якісних зварних з'єднань при зварюванні низьколегованих сталей під водою, які забезпечують їх тріщиностійкість.

Найбільш прийнятна структура металу зварних з'єднань при зварюванні під водою формується в умовах застосування (ЗЕВ), що забезпечує високий рівень механічних властивостей та тріщиностійкість зварних з'єднань.

Список посилань

1. Черныш В.П. Сварка с электромагнитным перемешиванием. / Черныш В.П., Кузнецов В.Д., Брискман А.Н., Шеленков Г.М. – К.: Техніка, 1983. – 127 с.

2. Рыжов Р.Н. Влияние внешних электромагнитных воздействий на пористость швов при подводной мокрой сварке / Рыжов Р.Н., Максимов С.Ю., Прилипко Е.А. // Вестник НТУУ «КПИ». – 2006. – №48. – с. 226-229.

3. Рыжов Р.Н. Применение внешних электромагнитных влияний для улучшения механических свойств швов при мокрой подводной сварке/ Рыжов Р.Н., Кожухарь В.И., Максимов С.Ю., Прилипко Е.А. // Автоматическая сварка. – 2004. – №11. – С.53-54.

4. Effect of the Structure on the Mechanical Properties and Cracking Resistance of Welded Joints of Low-Alloyed High-Strength Steels / [Berdnikova O., Pozniakov V., Bernatskyi A., Alekseienco T., and Sydorets V.] // Procedia Structural Integrity. –2019. – 16. – P. 89-96. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2019.07.026>

5. Crack Resistance of 14KhGN2MDAFB High-Strength Steel Joints Manufactured by Laser Welding / [Markashova, L., Berdnikova, O., Bernatskyi, A., Sydorets, V., and Bushma, O.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – 224, №1, – P. 012013. DOI:10.1088/1755-1315/224/1/012013

6. Physical and Mechanical Properties of High-Strength Steel Joints Produced by Laser Welding / [Markashova L., Berdnikova O., Bernatskyi A., Iurzhenko M., and Sydorets V.] // 2017 IEEE

International Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering (Lviv, Ukraine, October 17-20, 2017) – Lviv: IEEE, 2017. – P. 88-91. DOI:

УДК 620.178.169

Срьоменко О.В., здобувач наукового ступеня
Томіна А.-М.В., канд. техн. наук, доцент
Фішман Б.С., магістр

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, an.mtomina@gmail.com

ПОРІВНЯННЯ ПОКАЗНИКА АБРАЗИВНОГО СТИРАННЯ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ НАДВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛІЕТИЛЕНУ

Надвисокомолекулярний поліетилен (НВМПЕ) сьогодні є одним із універсальних полімерних матеріалів, який можна використовувати в різних галузях промисловості. Вироби, що виготовлені з нього характеризуються високим показником абразивного стирання й ударної в'язкості, стабільною роботою під впливом агресивних середовищ і вологи. Однак висока в'язкість розплаву НВМПЕ стримує його широке використання, через значно ускладнене формування виробів високопродуктивними методами (литтям під тиском та екструзією). Рішенням даної проблеми є введення до НВМПЕ волокнистих та дисперсних наповнювачів: вуглецевих та органічних волокон, сульфідів металів, карбонат кальцію, карбиду бору, антрациту, оксиду графену тощо. При одночасному зменшенні в'язкості розплаву дані наповнювачі збільшують міцність на розрив, твердість та зносостійкість НВМПЕ. Враховуючи зазначене, дана робота присвячена розробці та дослідженню властивостей композитів на основі НВМПЕ.

Для наповнення НВМПЕ обрали воластоніт, базальтове волокно та тигельний графіт. Їх використання дозволяє отримати композити з високою стійкістю до корозії, деформацій і зношування. Формування зразків композитів на основі НВМПЕ здійснювали методом компресійного пресування. Дослідження показника абразивного стирання НВМПЕ та композитів на його основі жорстко закріпленими абразивними частками (дисперсність 100 мкм) здійснювали на дослідній машині HECKERT. Шорсткість поверхонь тертя зразків визначали за допомогою щупового профілометру 170621.

В табл.1 наведений показник абразивного стирання чистого НВМПЕ й композитів на його основі з ефективним вмістом наповнювача.

Таблиця 1 – Експлуатаційні характеристики композитів на основі НВМПЕ

Показник	Наповнювач			
	НВМПЕ	20 мас.% воластоніту	20 мас.% базальтового волокна	30 мас.% тигельного графіту
Показник абразивного стирання*, V_i , мм ³ /м	1,36	0,97	0,92	0,85
Шорсткість*, R_a , мкм	2,57	1,99	1,71	1,63

За отриманими результатами випробувань видно, що композити за показником абразивного стирання перевершують чистий НВМПЕ в середньому на 30%, сягаючи мінімального значення для композиту з тигельним графітом. Це імовірно обумовлено тим, що даний наповнювач збільшує кристалічність НВМПЕ, за рахунок більш впорядкованої структури порівняно з базальтовим волокном і воластонітом. Багато досліджень проведених Kanaga Karupiah K.S. підтвердили, що існує пряма залежність між кристалічністю НВМПЕ та його трибологічними властивостями: чим більше її значення тим більший опір до руйнування поверхонь тертя. Підтвердженням цього є зменшення шорсткості близько на 35%.