

УДК 621.791.754

Павло Онищенко¹, Сергій Козулін¹, к.т.н., с.н.с.; Сергій Мариненко² к.т.н., доц.; Сергій Резнік¹, Андрій Ганчук¹

¹ Інститут електрозварювання імені Є.О.Патона НАН України, Україна

² Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ СТАЛІ 09Г2 ДВОМА ЕЛЕКТРОДНИМИ ДРОТАМИ ДІАМЕТРОМ 2,0 ММ

Анотація. За результатами проведених досліджень оптимізовано параметри процесу електрошлакового зварювання сталі 09Г2 товщиною 45 мм двома електродними дротами діаметром 2,0 мм, які забезпечили якісне з'єднання без дефектів. Вибрано марки електродних дротів, застосування яких дозволило отримати покращені механічні властивості зварних швів.

Ключові слова: однопрохідне зварювання, сталь великої товщини, електрошлакове зварювання (ЕШЗ), механічні властивості, зона термічного впливу (ЗТВ), структура.

Pavlo Onyshchenko; Serhii Kozulin, Ph.D.; Serhii Marynenko, Ph.D., Assoc. Prof.; Serhii Reznik, Andrii Hanchuk

RESEARCH OF THE FEATURES OF ELECTROSLAG WELDING OF STEEL 09G2 WITH TWO ELECTRODE WIRES WITH DIAMETER OF 2.0 MM

Abstract. According to the results of the research, the parameters of the electroslag welding of 09G2 steel with a thickness of 45 mm with two electrode wires with a diameter of 2.0 mm were optimized, which ensured a high-quality connection without defects. The usage of selected brands of electrodes made it possible to obtain improved mechanical properties of welds.

Keywords: single-pass welding, thick steel, electroslag welding (ESW), mechanical properties, heat affected zone (HAZ), structure.

Електрошлакове зварювання широко використовується для з'єднання деталей великої товщини. Одночасно з високою продуктивністю, ефективністю, стабільністю процесу, та якістю з'єднання (при дотриманні технології). Однак високе тепловкладення є причиною формування крупнозернистої структури металу ЗТВ, що впливає на показники механічних властивостей та ударної в'язкості металу в різних ділянках.

На основі тривалого промислового застосування метод ЕШЗ в діапазоні товщин 20-500 мм переважно виконується одним або кількома електродними дротами діаметром від 3,0 мм.

Метою роботи було дослідження особливостей ЕШЗ сталі товщиною 45мм двома дротами діаметром 2,0 мм для оцінки параметрів та характеру протікання процесу, рівня тепловкладення та їх впливу на механічні властивості та структуру металу шва та ЗТВ.

Методика та результати досліджень

Дослідження включали окремі експерименти зі зварювання аналогічних зразків з різною комбінацією електродних дротів:

- два дроти діаметром 2,0 мм марок Св08Г2СЮ+Св08Г2С.

- два дроти діаметром 2,0 мм марок Св10НМА+Св10ХГ2СМА

Для реєстрації параметрів режиму та термічного циклу використовувався програмно-апаратний комплекс на базі АЦП АДА-1406 та ПЗ Power Graph 3.03, та набір термопар типу К (хромель-алюмель).

Візуальна оцінка та аналіз осцилограм струму та напруги експериментів підтвердили стабільний та спокійний характер протікання процесу без коротких замикань, типовий для ЕШЗ (див. рис.1).

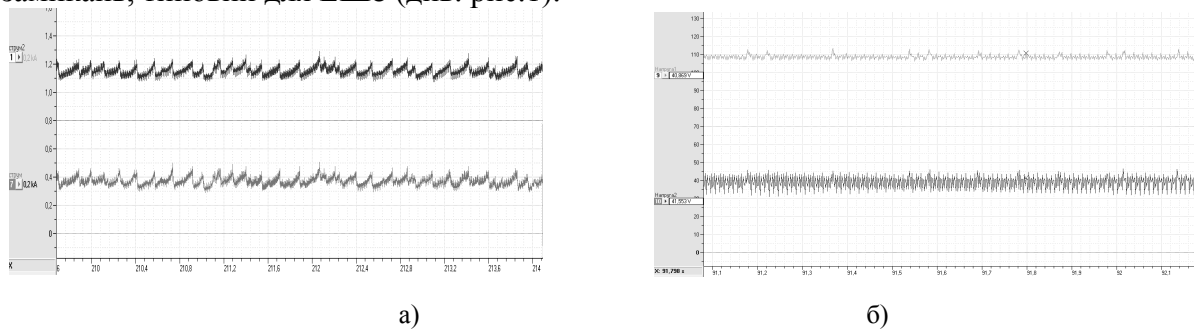


Рис. 1. Осцилограми струму та напруги проведених експериментів: а – осцилограма струмів на окремих дротах; б - осцилограма напруги на окремих дротах

Аналіз термоциклів в ЗТВ показав, що при збільшенні швидкості зварювання з 1,46 м/год до 2 м/год відбувається зниження температури на 300–500 °С до значень, близьких до температурного діапазону зони нормалізації 930–1100 °С. Отримані значення температур близькі до найбільш сприятливого діапазону температури в ЗТВ з точки зору формування структури металу та його механічних властивостей, в якій утворюється дрібнозерниста структура з найвищими механічними властивостями, що є бажаним результатом при ЕШЗ (див. рис. 2).

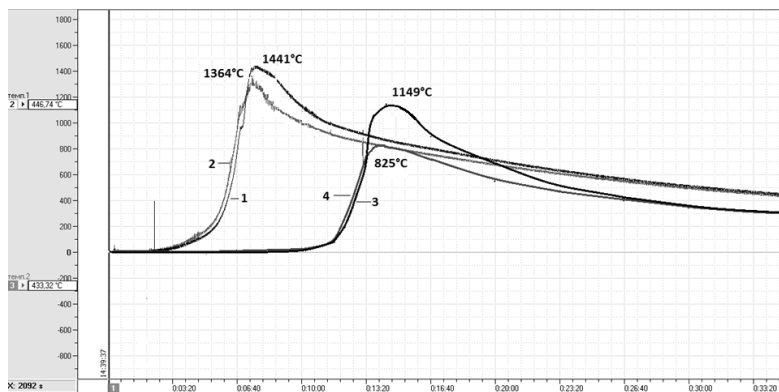


Рис. 2. Термічні цикли: криві 1,2 – на відстані 20 та 25 мм від кромки $V_{зв}=1,46$ м/год, дротами Св08Г2СЮ+Св08Г2С; криві 3,4 - на відстані 20 та 25 мм від кромки, $V_{зв}=2$ м/год дротами Св10НМА+Св10ХГ2СМА

Аналіз мікро- та макроструктур показав, що для зразків Експерименту 1 (дротами Св08Г2СЮ+Св08Г2С, швидкість зварювання 1,46 м/год) виявлена сприятлива структура металу шва і ЗТВ з відсутністю мартенситу:

Мікроструктура ферито-перлітна з розміром зерен 20-40 мкм. Твердість вздовж ЗТВ варіюється від 250 НV поблизу лінії сплавлення (і на цій ділянці наявна суміш голчастого фериту з феритом) до 176 НV на ділянці перекристалізації (така твердість характерна для мікроструктури відпаленого фериту).

Мікроструктура металу шва складається з суміші голчастого фериту (розмірами ділянок до 200 мкм) та фериту (з розмірами ділянок 100-150 мкм), в свою чергу феритні ділянки мають також зернисту структуру з розмірами зерен від 20 до 70 мкм. Твердість в даному випадку складає ~230 НV.

Для зразків Експерименту 2 (дротами Св10НМА+Св10ХГ2СМА, швидкість зварювання 2 м/год):

Для металу шва характерною є однорідна бейнітна мікроструктура з ділянками полігонального фериту з твердістю 208-195HV. На ділянці зони термічного впливу переважає ферито-перлітна структура з твердістю у діапазоні від 144 до 167 HV. Структура основного металу ферито-перлітна, та характеризується дрібнодисперсними рівноосними зернами що забезпечує показники твердості на рівні 190-210 HV.

Як показали результати досліджень зварних з'єднань механічні властивості майже у всіх випадках мають значення вище показників для основного металу (згідно ГОСТ 19281-73), за винятком межі текучості металу ЗТВ. При цьому застосування більш легованих дротів призводить до підвищення показників межі текучості на 15...20% та межі плинності на 18..24% металу швів і становить 446,5 МПа, 645 МПа відповідно.

Показники пластичності металу шва мають дещо нижчі значення показників основного металу і становлять δ - 18,46% дротами Св08Г2СЮ+Св08Г2С та 17,55% дротами Св10НМА+Св10ХГ2СМА, Ψ – 53,4% дротами Св10НМА+ Св10ХГ2СМА (згідно ГОСТ 19281-73 для Сталь 09Г2 значення $\delta \geq 21\%$, $\Psi \geq 65\%$).

Результати випробувань зварних з'єднань на ударний згин металу шва свідчать про суттєве підвищення (більше ніж у 2 рази) даного показника при застосуванні комбінації дротів Св10НМА+Св10ХГ2СМА та наблизились до значень основного металу і становлять 18 КСВ, Дж/см²

Висновки

1. В результаті проведених експериментів виконано електрошлакове зварювання зразків зі сталі 09Г2 товщиною 45 мм з використанням комбінацій двох дротів діаметром 2,0 мм. В отриманих з'єднаннях відсутні непровари, шлакові включення, пори та тріщини, а поверхня металу шва має характерну для ЕШЗ чешуйчасту структуру.
2. Процес зварювання за візуальною оцінкою та аналізом осцилограм струму та напруги мав стабільний та спокійний характер протікання без коротких замикань та дугових розрядів.
3. Аналіз термоциклів в ЗТВ показав, що при збільшенні швидкості зварювання, відбувається зниження температури на 300–500 °С до значень, близьких до температурного діапазону зони нормалізації 930–1100 °С, в якій утворюється дрібнозерниста структура з найвищими механічними властивостями, що є бажаним при ЕШЗ.
4. Аналіз мікро- та макроструктур в обох експериментах показав відсутність мартенситу в металі шва і ЗТВ.
5. Механічні властивості металу шва та ЗТВ були покращенні при використанні більш легованих дротів. Також значно покращилась (в два рази) та наблизилась до значень основного металу ударна в'язкість металу шва.

Показана можливість отримання якісних зварних з'єднань двоелектродного ЕШЗ дротами діаметром 2,0 мм сталі товщиною 45 мм буде використана для розробки промислового обладнання та технології зварювання товщин в діапазоні від 20 до 60 мм.