

## ДВОДУГОВЕ ЗВАРЮВАННЯ ПІД ФЛЮСОМ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПРИСАДНОГО ХОЛОДНОГО ДРОТУ

Л.Й. Файнберг, В.В. Щеголь, Л.В. Гончаренко

ІЕЗ ім. С.О. Патона НАН України. 03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Розглянута можливість покращення властивостей зварних з'єднань шляхом подачі холодного дроту в зварювальну ванну для збільшення швидкості її охолодження. На прикладі дводугового зварювання під флюсом низьколегованої сталі 10Г2ФБ досліджена техніка процесу при застосуванні холодного дроту. На зразках типу IX з гострим надрізом за ГОСТ 6996 визначена ударна в'язкість металу шва і ЗТВ в залежності від параметрів процесу зварювання, а також досліджені структури зварних з'єднань. Бібліогр. 6, табл. 5, рис. 5.

*Ключові слова:* низьколегована сталь, термічний цикл, ударна в'язкість, холодний дріт, зварювання під флюсом

**Вступ.** Проблема забезпечення надійності магистральних газопроводів шляхом підвищення властивостей зварних з'єднань залишається актуальною. Одним із можливих напрямків її вирішення є спосіб, запропонований фірмою ESAB (Швеція), стосовно процесів зварювання під флюсом [1–3] з подачею в зварювальну ванну холодного дроту (ХД). Ідея способу полягає в підвищенні швидкості охолодження зварного з'єднання з відповідним поліпшенням його структури і механічних властивостей.

Метою дослідження була оцінка ефективності вказаного процесу на прикладі дводугового зварювання під флюсом на режимах, характерних для труб середньої товщини (12...25 мм). Окрім механічних властивостей зварних з'єднань процес мав забезпечити заданий провар та якісне формування швів шириною 22...25 мм з висотою підсилення 0,5...3,0 мм і плавним його переходом до основного металу (ОМ).

Орієнтиром при виборі параметрів досліджуваної роботи [1], де зовнішній шов двостороннього стикового з'єднання товщиною 13 мм із сталі Х70 зварювали двома дугами при наявності або відсутності ХД. Застосувався зварювальний дріт діаметром 4 мм марки ВА S2 Мо та флюс BF 6.4 з основністю 1,7.

Наведено хімічний склад ОМ (мас. %): 0,046 С; 1,76 Mn; 0,24 Si; 0,21(V, Mo, Nb, Ti); 0,54 (Cu, Ni, Cr), а також склад холодного та електродного дротів (мас. %): 0,10 С; 1,04 Mn; 0,1 Si; 0,56 Мо; 0,02 Ni; 0,03 Cr; 0,03Cu.

Відносно високий вміст вуглецю в зварювальному дроті повинен був знизити температуру перетворення аустеніту, щоб збільшити долю голчастого фериту і відповідно покращити структуру шва.

Параметри процесу зварювання згідно [1] були наступні:

дуга 1 – 1040/30, постійний струм зворотної полярності;

дуга 2 – 830/34, змінний струм прямокутної форми;

швидкість зварювання – 160 см/хв (96 м/г);

швидкість подачі ХД – 25,4 см/хв (15,2 м/г).

За нашими даними, для такого режиму швидкість подачі зварювальних дротів на дугах 1 і 2 дорівнює 135...140 м/г, звідки доля ХД відносно кожного з цих дротів має складати ~0,11. В наших дослідженнях для максимальної ефективності процесу цю долю збільшували наскільки це дозволяла якість формування швів.

ХД встановлюють перед передньою дугою, між дугами або за останньою дугою [2]. В роботі [1] ХД був розташований за останньою дугою, що видається оптимальним, оскільки при цьому не зменшується глибина проплавлення і максимально охолоджується зварювальна ванна.

У вказаній роботі ЗТВ випробували на ударний загин, використовуючи зразки розміром 5×10×55 мм з гострим надрізом, одна половина якого проходила через зону крупного, а друга – через зону дрібного зерна. При температурах 20 °С і –30 °С застосування ХД підвищувало роботу удару металу ЗТВ на 10 Дж, а при –45° на 20 Дж. Більш суттєві результати щодо властивостей ЗТВ показали випробування за методикою SENT.

Завдяки зменшенню тепловкладення на 9 % і підвищенню швидкості охолодження на 10 % структура ЗТВ покращилась за рядом показників:

– зменшення розмірів первинного аустенітного зерна с 68 до 55 мкм внаслідок скорочення часу перебування в аустенітному діапазоні температур 1400...1100 °С;

– зменшення доли крупних часток МАК-фази розміром більше 2 мкм від 3,2±0,2 до 1,0±0,1 %;

– зменшення розмірів феритно-бейнітного зерна в ЗТВ с 17,6±5,0 до 15,3±4,5 мкм (для сталі Х70 розмір вказаного зерна становив 4,1±0,5 мкм);

– збільшення кутів дезорієнтації зерен.

**Матеріали і методики.** В наших лабораторних дослідах в якості ОМ використовували пластини з низьколегованої холодостійкої сталі 10Г2ФБ товщиною 19 мм, електродний і холодний дріт марки Св-08Г1НМА діаметром 4,0 мм, а також флюс ОР 132 французького виробництва. Живлення першого і другого електродів здійснювалось відповідно від випрямляча ВСЖ-1600 і лабораторного трансформатора з прямокутною формою струму. Нахил першого і другого електродів до вертикалі становив  $-7^\circ$  та  $20^\circ$ , а відстань між ними 20 мм. Зварювання виконували по V-подібних розробках розміром 5 мм  $\times$   $90^\circ$ .

В ході роботи визначали вплив швидкості подачі ХД і його розташування на стабільність горіння дуг і якість формування швів з коригуванням параметрів процесу.

Для оцінки ефективності нового процесу у підвищенні властивостей зварних з'єднань проводили порівняльні іспити при застосуванні ХД і без нього. З цією метою зразки металу швів і ЗТВ типу ІХ за ГОСТ 6996 розміром 10 $\times$ 10 $\times$ 75 мм випробували на ударний загин при температурах  $-20$  та  $-40^\circ\text{C}$ , а також виконували металографічний аналіз структури з'єднань.

За міжнародним стандартом на виготовлення труб для підводних газопроводів [4] вказані зразки відбирались від верхньої частини шва при відстані 2 мм від поверхні ОМ.

На зразках для іспитів ЗТВ надріз наносили перпендикулярно поверхні ОМ через середину лінії сплавлення (ЛС) так, що одна його половина

проходила по шву, а друга – по ЗТВ. За такої методики значна частина надрізу опиняється в зоні крупного зерна, що погіршує показники ударної в'язкості.

При наявності асиметрії швів надріз наносили з боку більш крутої ЛС, уникаючи штучного завищення результатів іспитів.

Аналіз мікроструктури зварних з'єднань виконувався з використанням оптичного мікроскопу на мікрошліфах, протравлених у 4%-му розчині  $\text{HNO}_3$ .

**Результати.**

*Серія 1 дослідів.*

ХД встановлювали за останньою дугою кутом вперед під  $37^\circ$  до вертикалі так, що в закороченому на ОМ стані кінці ХД і останнього електрода контактували між собою.

Випробували дві швидкості подачі ХД, котрі відносно швидкості подачі електродного дроту другої дуги (коефіцієнт  $\Psi$ ) складали 0,14 і 0,21 (табл. 1). При збільшенні коефіцієнту  $\Psi$  до 0,21 погіршувалось формування шва – зменшувалася його ширина від 24...25 до 23...22,7 мм і зростала висота підсилення з 2,4...2,8 до 3,0...3,5 мм (рис. 1).

Внаслідок близькості ХД до дуги 2 виникав ефект саморегулювання із зростанням її струму приблизно на 50 А. Збільшення швидкості подачі ХД призводило до скорочення довжини кратеру.

*Серія 2 дослідів (коригування режиму).*

Для поліпшення формування швів на дузі 2 була зменшена швидкість подачі електрода, а також з метою більшого охолодження зварювальної ванни випробувана можливість підвищення подачі ХД при коефіцієнті  $\Psi = 0,46$  (шов № 603, табл. 2).

**Таблиця 1. Параметри процесу і розміри швів**

Номер шва	Номер дуги	$V_{п\text{хд}}$ , мм/10 с	$I_{зв}/U_{д}$ , А/В	$V_{п\text{с}}$ , мм/10 с	$\Psi$	$L_{кр}$ , мм	Розміри швів, мм		
							$h$	$b$	$a$
600	1	105	1100/36	485	0,21	185	14,6...14,8	22,7...23,1	3,0...3,5
	2		1010/38	498					
601	1	70	1100/36	485	0,14	195	~15,0	23,9...24,9	2,6...2,8
	2		980/38	498					
602	1	0	1100/36	485	0	230	~15,0	24,0...25,0	2,4...2,6
	2		960/38	498					

Примітка. Швидкість зварювання 65 м/г ( $I_{зв}$  – зварювальний струм;  $U_{д}$  – дугова напруга;  $V_{п\text{хд}}$  – швидкість подачі ХД;  $V_{п\text{с}}$  – швидкість подачі електродних дротів;  $\Psi$  – відношення швидкостей подачі холодного і електродного (на дузі 2) дротів;  $L_{кр}$  – довжина кратера;  $h$ ,  $b$  – провар і ширина шва;  $a$  – висота його підсилення).

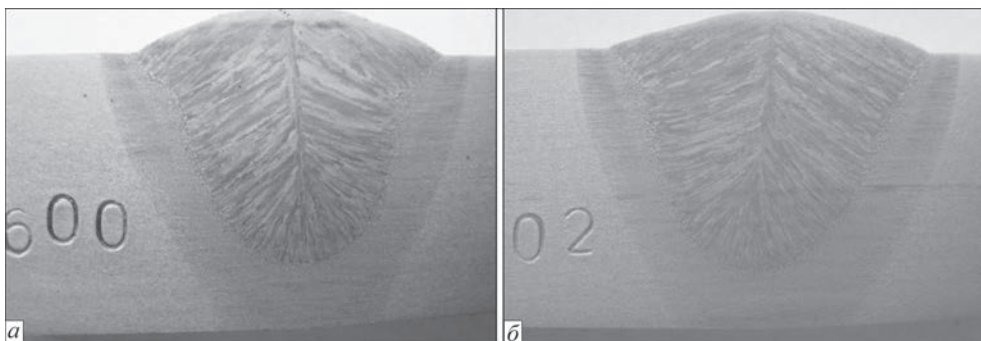


Рис. 1. Макрошліфи швів, зварених із застосуванням ХД (№ 600) та без нього (№ 602),  $\times 2,7$

Таблиця 2. Параметри процесу і розміри швів

Номер шва	Номер дуги	$V_{п.хд}$ , мм/10 с	$I_{зв}/U_{д}$ , А/В	$V_{зв}$ , м/г	$V_{п.с}$ , мм/10 с	$\Psi$	Розміри шва, мм		
							$h$	$b$	$a$
603	1	205	1100/36	65	485	0,46	14,6...14,8	21,7...21,9	3,2...3,5
	2		980/38-39						
605	1	160	1100/36	62	497	0,34	13,5...13,7	23,0...24,4	2,9...3,2
	2		900/42-43						
606	1	202	1100/36	62	497	0,43	14,3...14,5	23,1...24,1	2,7...3,1
	2		900/42-43						

Вказане зростання подачі дроту окрім зменшення ширини шва і очікуваного збільшення висоти підсилення призвело до хвилястості його краю.

Покращення формування шва за режимом № 603 було досягнуто шляхом збільшення міжелектродної відстані від 20 до 25 мм, зменшення швидкості зварювання з 65 до 62 м/г і підвищення напруги другої дуги (шви №№ 605, 606).

Серія 3 дослідів (збільшення відстані між ХД і другим електродом).

Для стабілізації режиму горіння другої дуги і більш ефективного охолодження зварювальної ванни випробувано збільшення відстані між ХД і другим електродом (рис. 2). При цьому вона має бути обмежена в залежності від режиму зварювання і швидкості подачі ХД, щоб запобігти нерозплавленню («примержанню») ХД до зварювальної ванни з аварійною зупинкою процесу. Попередньою ознакою наближення цієї ситуації є поява на поверхні шлакової кірки поздовжніх виступів і поглиблень, що залишає ХД при підгрібанні їм напіврозплавленої шлакової кірки і флюсу до другої дуги з погіршенням стабільності її горіння (рис. 3). В даному випадку аварійна ситуація виникала при вказаній відстані більше 12 мм. Тому для подальших дослідів з огляду надійності процесу її зменшували до 8 мм (шви №№ 700, 701).

Досліди показали, що «примержання» ХД до ванни не відбувається при зростанні швидкості його подачі принаймні до 215 мм/10 с (шов № 701), але супроводжується неприпустимим підвищенням висоти підсилення шва (табл. 3), що потребуватиме коригування площі розробки.

Серія 4 дослідів (розміщення ХД між електродами).

Випробування варіанту з подачею ХД між дугами у зв'язку з особливістю конструкції апарату вимагало деяких змін установчих параметрів електродів (рис. 2). При цьому якість формування шва (№ 703) покращилась внаслідок позитивного формуючого ефекту від дії другої дуги на надлишок металу від розплавлення ХД (див. табл. 3). Відомо, що таку установку ХД застосовують для підвищення продуктивності процесу [5].

Хімічний склад металу швів на сталі 10Г2ФБ був типовим для газопровідних труб (табл. 4), за-

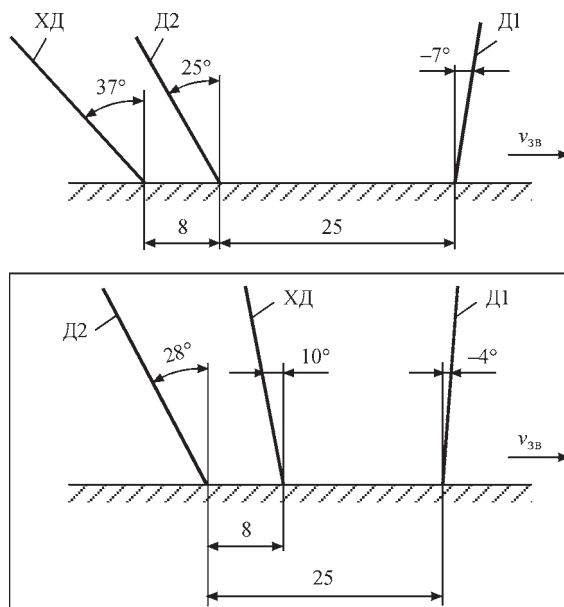


Рис. 2. Варіанти розміщення ХД

Таблиця 3. Вплив ХД і його розташування на розміри швів

Номер шва	Номер дуги	$\Psi$	$V_{п.хд}$ , мм/10 с	$I_{зв}, A/U_{д}, B$	$V_{п.с}$ , мм/10 с	Розміри швів, мм		
						$h$	$b$	$a$
Контрольний шов без застосування ХД								
702	1	0	0	1050/36	470	13,5	23,7...23,9	1,8...2,8
	2			900/42				
Контрольні шви з подачею ХД за останньою дугою								
700	1	0,37	165	1050/36	470	н/д	23,5...24,6	3,2...4,1
	2			900/42				
701	1	0,48	215	1050/36	470	13,6	23,3...23,9	3,3...4,0
	2			900/42				
Контрольний шов з подачею ХД між дугами								
703	1	0,44	215	1050/36	470	13,0	24,8...25,7	3,6...4,1
	2			950/42				



Рис. 3. Нерівності на поверхні шлакової кірки, що виникають при надмірному віддаленні ХД від останнього електрода безпечивши їх високу ударну в'язкість (табл. 5). Для подальшого підвищення ударної в'язкості металу швів може бути застосоване додаткова легування Ті–В.

Випробування на ударну в'язкість металу швів не виявили переваг процесу із застосуванням ХД (табл. 5). Щодо металу ЗТВ, то аналогічні Випробування показали дуже великий розкид результатів, який не дозволив об'єктивно оцінити можливі переваги застосування ХД за цим показником.

Проведено аналіз мікроструктури зварних з'єднань №№ 701,703, зварених із застосуванням ХД у порівнянні із з'єднанням, виконаним на тому ж режимі, але без застосування ХД (зразок № 702). Фотографії структур зони крупного зерна наведено на рис. 4, 5.

Структура зразка № 702 звичайна для з'єднань зі сталі Х70. У зоні крупного зерна вона бейнітного типу з різними формами утворень другої фази (рис. 4). Це феритні зерна в більшості зі щільним розподіленням упорядкованої та неупорядкованої другої фази. Біля ЛС спостерігаються окремі крупні феритні зерна, деякі з яких мають видовжену форму і розташовані паралельно вказаній лінії з рідким розподіленням пластинчастих форм другої фази. В зоні, прилягаючій до ЛС, крупне зерно відповідає номеру 3-4 за ГОСТ 5639.

Таких крупних зерен біля ЛС може бути три рядки. Найбільша протяжність зони крупного зерна складає біля 0,5 мм. На границях первинних аустенітних зерен присутня сітка суцільного полігонального доєвтектоїдного фериту.

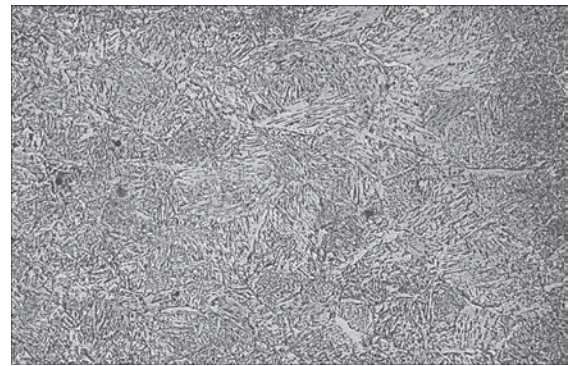


Рис. 4. Мікроструктура (×100) зони крупного зерна зварного з'єднання (№ 702), виконаного без застосуванням ХД

Таблиця 4. Хімічний склад металу шва, мас. % та ОМ

Місце аналізу	C	Si	Mn	S	P	Ni	Mo	V	Al	Nb	Ti
Шов	0,086	0,33	1,60	0,009	0,018	0,19	0,19	0,058	0,025	0,02	0,010
ОМ	0,103	0,245	1,57	0,005	0,013	0,02	<0,01	0,081	0,030	0,03	0,013

Таблиця 5. Вплив ХД на ударну в'язкість зварного з'єднання

Номер шва	Ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>			
		Шов		ЗТВ	
		-20 °C	-40 °C	-20 °C	-40 °C
Серія 1					
602	0,00	<u>166,2...185,2</u> 173,6	<u>87,5...145,6</u> 122,9	<u>83,1...144,3</u> 110,1	<u>55,8...94,7</u> 84,7
600	0,21	<u>159,7...172,5</u> 166,2	<u>97,6...144,4</u> 123,4	<u>62,1...245,9</u> 126,7	<u>38,5...90,5</u> 60,5
Серія 2					
603	0,46	<u>169,6...256,1</u> 199,6	<u>106,0...157,9</u> 129,0	<u>63,1...219,0</u> 133,0	<u>42,8...142,2</u> 78,4
605	0,34	н/д	н/д	<u>158,2...220,7</u> 190,1	<u>75,3...202,2</u> 135,6
606	0,43	н/д	н/д	<u>68,3...245,6</u> 158,1	<u>107,6...153,4</u> 127,5
Серії 3, 4					
701	0,48	<u>151,4...215,8</u> 197,9	<u>80,9...184,6</u> 143,3	<u>62,9...173,1</u> 107,9	<u>43,4...117,1</u> 70,1
703	0,44	<u>167,5...197,1</u> 182,3	<u>99,4...179,4</u> 129,1	<u>100,7...218,1</u> 157,2	<u>58,6...190,0</u> 106,1
702	0,00	<u>174,4...226,3</u> 193,8	<u>87,7...166,7</u> 122,9	<u>67,4...226,4</u> 120,7	<u>37,5...186,1</u> 92,3

Примітка. Кількість випробуваних зразків на кожний варіант 5 шт.

Тип мікроструктури зони крупного зерна зварного з'єднання зразка № 701, де ХД подавався за останньою дугою, аналогічна зразку № 702. Але в ній спостерігається більше зерен з переважаючою долею структури з упорядкованою формою другої фази у вигляді паралельних пластинчастих пакетів, розташованих через все зерно, а в зоні, прилягаючої до ЛС, помітна тенденція до утворення більшості зерен розміру № 4, а окремих № 3. Сітка полігонального фериту на границях первинних аустенітних зерен несучільна. Протяжність зони крупного зерна не перевищує 0,42 мм.

На зразку № 703 застосування ХД призвело до деяких більш помітних позитивних змін у зоні крупного зерна (рис. 5). Вони стосуються протяжності (ширини) зони крупного зерна, його максимальної величини, типу структури. Так, зона крупного зерна скорочується з 0,5 до 0,4 мм, а максимальний розмір зерна зменшується від № 3-4 до № 4-5 за ГОСТ 5639. ХД сприяє також покращенню структури крупного зерна, а саме зменшенню об'єму рейкового бейніту у вигляді протяжних пакетів, поширених через все зерно, та збільшенню об'єму бейніту з дезорієнтованими і глобулярними карбідними утвореннями. При цьому більша частина крупних зерен біля ЛС складається з окремих дезорієнтованих блоків. Також спостерігається зменшення об'єму оторочки доевтектоїдного фериту на границях крупного зерна ЗТВ.

На всіх досліджених зразках у зоні перегріву по границях зерен були присутні ланцюжки МАК-фази.

Таким чином, застосування ХД сприяло деякому поліпшенню структури зварних з'єднань, яке в найбільшій мірі було виявлено на окремих ділянках ЗТВ шва № 703.

**Обговорення результатів.** Порівняння режимів зварювання швів №№ 600 і 602 (див. табл. 1) дозволило оцінити енергію, яка витрачається на розплавлення ХД, а також визначити параметр  $t_{8/5}$ . Якщо у вихідному варіанті № 602 швидкість подачі дроту на дузі 2 збільшити на величину швидкості подачі ХД у варіанті № 600, то, вихо-

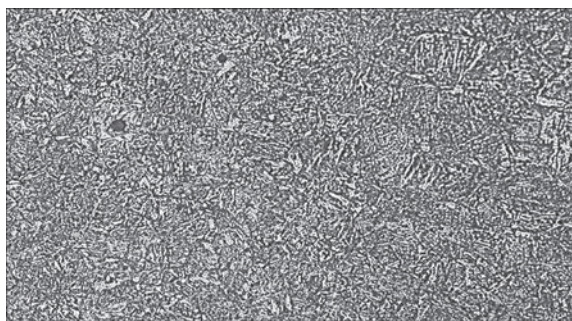


Рис. 5. Мікроструктура ( $\times 100$ ) зони крупного зерна зварного з'єднання (№ 703), виконаного із застосуванням ХД ( $\psi = 0,44\%$ )

дячи із припущення про пропорційне зростання зварювального струму, він би зріс приблизно на 200 А. Отже, енергія, потрібна для розплавлення ХД при коефіцієнті  $\Psi = 0,21$ , орієнтовно дорівнює  $U \cdot I \approx 36 \cdot 200$  В·А. Якщо усунути саморегулювання дуги 2 в процесі № 600, віддаливши від неї ХД, то ця енергія буде відібрана зварювальною ванною з відповідним її охолодженням і без вказаного підвищення її струму. За таких умов зменшення тепловкладення вихідного процесу № 602 при застосуванні ХД становитиме біля 10 %.

Параметр  $t_{8/5}$  часу охолодження шва в діапазоні температур 800...500 °С пропорційний тепловкладенню процесу [6]. Отже, застосування ХД при  $\Psi = 0,21$  зменшить параметр  $t_{8/5}$  також на 10 %, що узгоджується з даними [1].

Прискорення швидкості охолодження зварювальної ванни за допомогою ХД виявилось недостатнім для суттєвого поліпшення структури і помітного підвищення ударної в'язкості металу швів. Так, шви №№ 701, 703, зварені зі застосуванням ХД при досить високому коефіцієнті  $\Psi = 0,44 \dots 0,48$  в одній серії зі швом № 702, де ХД не вживався, показали приблизно однакову ударну в'язкість (див. табл. 5).

Стосовно металу ЗТВ спостерігається великий розкид показників ударної в'язкості. Значною мірою він обумовлений методикою нанесення надрізу за стандартом для підводних газопроводів [5], згідно якій значна його частина проходить через зону крупного зерна.

Як відомо, ця зона характеризується великою неоднорідністю структури і зниженням в'язких властивостей металу. При цьому найменша зміна крутизни ЛС впливає на долю надрізу, який проходить через вказану несприятливу зону, збільшуючи розкид показників ударної в'язкості.

Слід також зазначити, що при розташуванні ХД за останньою дугою спостерігається збільшення крутизни ЛС з вірогідним зниженням показників ударної в'язкості ЗТВ.

Новий процес показав деяку тенденцію до покращення структури металу ЗТВ.

**Висновок.** Показана можливість реалізації процесу із застосуванням ХД в умовах дводугового зварювання під флюсом. Подача ХД здійснюється за останньою дугою або між дугами. Відношення маси ХД до маси електродного дроту другої дуги (коефіцієнт  $\Psi$ ) не повинно перевищувати 0,14..0,20. Збільшення цього відношення потребуватиме коригування вихідних параметрів процесу.

Спосіб не забезпечує суттєвого підвищення механічних властивостей з'єднань, але дещо покращує структуру металу ЗТВ і може значно збільшити продуктивність наплавлення.

**Список літератури/References**

1. Mohammadijoo, M., Collins, L., Lazor, R. et al. (2018) Influence of Cold-Wire Submerged Arc Welding on the Toughness of Microalloyed Still. *Welding J.*, **12**, 338 s–352 s.
2. Raudsepp et al. (2018) *Method and System for Submerged Arc Welding*. Патент США № 10137521. 27.11.2018.
3. Andersson, M., Johansson, T., Jungkvist, R., Raudsepp, H. (2015) Method and system for submerged arc welding. *Пат. США № 020150202709A1*. 23.07.2015.
4. *DNV Offshore Standard for Submarine Pipeline Systems, DNV-OS-F101*.
5. Raudsepp, H. (2021) *Tandem arc welding head and a welding arrangement for overlapping arcs to a cold wire electrode*. США Пат. № 10,994,362. 04.05.2021
6. Uver, D., u. Degenkolbe, J. (1977) Kennzeichnung von Schweißtemperaturzyklen hinsichtlich ihrer Auswirkung die mechanischen Eigenschaften von Schweißverbindungen. *Stahl u. Eisen* 97, H.24, 1201–1208.

**TWO-WIRE SUBMERGED-ARC WELDING WITH COLD WIRE APPLICATION**

L.J. Feinberg, V.V. Shchegol, L.V. Honcharenko

E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine. 11 Kazymyr Malevych Str., 03150, Kyiv, Ukraine.  
E-mail: office@paton.kiev.ua

The possibility for improvement of welded joint properties by feeding cold wire into the weld pool to increase its cooling rate was considered. The technique of the process was investigated in the case of two-wire submerged-arc welding of low-alloyed 10G2FB steel at application of cold wire. Impact toughness of the metal of the weld and HAZ was determined on IX type specimens with a sharp notch to GOST 6996, depending on welding process parameters, and welded joint structures were studied. 6 Ref., 5 Tabl., 5 Fig.

*Keywords: low-alloyed steel, impact toughness, cold wire, submerged-arc welding*

Надійшла до редакції 29.10.2021



Düsseldorf, Germany

**join the best: 09 - 13 May 2022**

**WIRE AND TUBE**

Підготовка до Wire and Tube 2022 йде повним ходом. 9 травня 2022 р. Wire and Tube відкриє свої двері в Дюссельдорфі. Ці провідні світові торгові ярмарки є родзинкою для індустрії обробки дроту, кабелю і труб: платформа для прогресу, стартова площадка для бізнесу. Кожен, хто приймає рішення або експерт, має бути на найважливішому світовому шоу для цих галузей. Які останні розробки в техніці, технології, продуктах і процесах? Тут можуть зустрітися лідери світового ринку та початківці. Якими є поточні реакції в області цифровізації та розумного виробництва, від штучного інтелекту до робототехніки? Виставки дадуть відповіді на ці та багато інших запитань, які виникають на практиці.

Національна академія наук України  
Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона  
Українське товариство неруйнівного контролю та технічної діагностики  
Міжнародна Асоціація «Зварювання»

**III МІЖНАРОДНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

**НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ та  
МОНІТОРИНГ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ**

**12–16 вересня 2022**

**Одеса, Аркадія, готель «Аркадія»**

Контрольні дати

ОРГАНІЗАТОР КОНФЕРЕНЦІЇ

Надання заявок на участь та тез доповідей до 19.08.2022 р.

Міжнародна Асоціація «Зварювання»  
вул. Казимира Малевича 11, м. Київ, 03150  
тел. +38 (044) 200-82-77, (050) 352-73-50

Розсилка другого інформаційного повідомлення та підтвердження участі до 05.09.2022 р.

journal@paton.kiev.ua

Оплата реєстраційного внеску до 12.09.2022 р.

posypaiko.yurii@gmail.com  
http://pwi-scientists.com/ukr/nktd2022