

# РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ НАПІВАВТОМАТИЧНОГО ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ДЛЯ УМОВ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ ЛІНІЙНОЇ ЧАСТИНИ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ УКРАЇНИ

С.Ю. Максимов, А.А. Гаврилук, Д.М. Кражановський

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

Через територію України прокладено біля 37 тис. км газопроводів. Їх безаварійна робота ґрунтується на належній технічній експлуатації та своєчасному проведенні ремонту або реконструкції. На сьогоднішній день основним способом зварювання, який використовується при виконанні ремонту, є ручне дугове. Через його низьку продуктивність існує необхідність в скороченні тривалості зварювальних робіт з одночасним підвищенням їх якості. Метою роботи була розробка основних положень і технології напівавтоматичного дугового зварювання неповоротних кільцевих стиків труб діаметром до 1420 мм включно, що дасть можливість скоротити час виконання зварювальних робіт із відповідним пришвидшенням прокладання відновлених ділянок магістральних газопроводів з одночасним підвищенням якості зварних з'єднань. Зварювання виконувалося з використанням порошкового газозахисного дроту ОК Tubrod 15.19 діаметром 1,2 мм в середовищі  $Ar+CO_2$  і самозахисного порошкового дроту Coreshield 8 діаметром 1,6 мм. Аналіз отриманих результатів показує, що місце руйнування зразків у всіх випадках розташоване в основному металі. Такі результати засвідчують, що міцність зварного з'єднання перевищує міцність основного металу для цих комбінацій зварювальних матеріалів та захисного газу. При належній техніці зварювання і строгому дотримуванні режиму зварювання стикові з'єднання трубних сталей відповідають нормативним документам, порошковий дріт ОК Tubrod 15.19 можна рекомендувати для зварювання трубних сталей з класом міцності К-60, а самозахисний порошковий дріт Coreshield 8 – для зварювання трубних сталей з класом міцності К-52. Бібліогр. 15, табл. 6.

*Ключові слова:* магістральний газопровід, напівавтоматичне дугове зварювання, кільцевий стик, порошковий дріт

Мережа газопроводів України характеризується значною протяжністю (до 37 тис. км), великими діаметрами труб (до 1420 мм включно), високим робочим тиском (до 7,4 МПа) та значними строками експлуатації (25 років та більше). Остання обставина ставить жорсткі вимоги до лінійної частини магістральних газопроводів з позиції забезпечення експлуатаційної надійності та промислової безпеки [1, 2]. Безаварійна робота газових магістралей ґрунтується на належній технічній експлуатації та своєчасному проведенні ремонту або реконструкції [3, 4]. Виконання ремонту передбачає проведення комплексу технологічних заходів, які спрямовані на відновлення основних параметрів та характеристик лінійної частини магістральних газопроводів (ЛЧМГ) до проектних значень [5–7].

Досвід ремонтних робіт на магістральних трубопроводах свідчить, що основним способом виконання зварювання є ручне дугове [8]. Практика показує, що для зварювання тільки одного неповоротного кільцевого стику на трубопроводі діаметром 1420 мм при товщині стінки 16 мм бригада зварників із двох чоловік витрачає не менше 5 год. Тому існує необхідність в скороченні тривалості зварювальних робіт з одночасним підвищенням їх якості.

Для економічних умов України вирішення зазначеної задачі вбачається в застосуванні механізованого дугового зварювання як досить простого і прогресивного способу з одного боку, та порівняно недорогого з іншого. Застосування дротів суцільного перерізу дає можливість збільшити продуктивність зварювальних робіт не менше ніж у 1,5...2,0 рази в залежності від діаметру дроту. Зрозуміло, що збільшення діаметру вимагає підвищувати режими зварювання для стабільного протікання процесу переносу металу в зварювальну ванну. Проте, при зварюванні на режимах, які забезпечують перенос рідкого металу в ванну через коротке замкнення, збільшуються в 1,5...3,0 рази витрати зварювального матеріалу внаслідок розбризкування крапель рідкого металу [9]. Наслідком цього стає витрачання часу через необхідність додаткового зачищення від бризок зони зварювання [10]. Тому для дотримання балансу між продуктивністю зварювання та якістю зварних з'єднань прийнятним є застосування при механізованому зварюванні в захисних газах дротів суцільного перерізу діаметром 1,2 мм [11].

Порошкові дроти рутилового типу для механізованого зварювання в захисних газах мають досить суттєві переваги перед дротами суцільного

Максимов С.Ю. – <https://orcid.org/0000-0002-5788-0753>, Гаврилук А.А. – <https://orcid.org/0000-0001-5443-6553>

Кражановський Д.М. – <https://orcid.org/0000-0001-7292-7188>

С.Ю. Максимов, А.А. Гаврилук, Д.М. Кражановський, 2020

перерізу через зменшення розбризкування та часу на зачищення наплавленого металу, підвищення на 30...50 % продуктивності процесу зварювання, можливість підвищити пластичність металу шва за рахунок спеціального легування матеріалу [12]. Основною перевагою самозахисних дротів вважається відсутність необхідності застосування захисного газу при виконанні зварювання. Ця особливість додає мобільності, полегшує ведення робіт в польових умовах, виключає необхідність застосування захисних палаток від вітру. На жаль, підприємства ДК «Укратрансгаз» на даний час не мають досвіду застосування цих сучасних зварювальних матеріалів.

Метою роботи в цілому була розробка основних положень і технології напівавтоматичного дугового зварювання неповоротних кільцевих стиків труб діаметром до 1420 мм включно, що дасть можливість скоротити час виконання зварювальних робіт із відповідним пришвидшенням прокладання відновлених ділянок магістральних газопроводів з одночасним підвищенням якості зварних з'єднань.

Для дослідження механічних властивостей та ударної в'язкості стикових швів були заварені зразки в різних просторових положеннях з роз-

робленням крайки 30° на кожну сторону. Зварювання проводили із використанням напівавтомату Evomig 500 в нижньому положенні порошковим газозахисним дротом ОК Tubrod 15.19 діаметром 1,2 мм в середовищі Ar+CO<sub>2</sub> та самозахисним дротом Coreshield 8 діаметром 1,6 мм. Для зварювання кореневого шару в обох випадках використовували дріт Св08Г2С діаметром 1,2 із захистом Ar+CO<sub>2</sub>.

У першому випадку в якості основного металу слугували пластини товщиною  $t = 16$  мм зі сталі Х70. Зварювання виконували в чотири шари: кореневий, два заповнювальних, облицювальний. У другому випадку матеріалом для зварювання було вибрано сталь 09Г2С товщиною 12 мм. Зварювання виконували в п'ять шарів: кореневий, три заповнювальних та облицювальний. Всі шари виконували за один прохід з поперечними коливаннями електроду (крім кореневого шару). Режими зварювання та хімічний склад матеріалів наведено в табл. 1, 2.

Після зварювання поперек шва вирізали та виготовляли зразки Ми-18, які були випробувані на статичний розтяг. Результати випробувань наведено в табл. 3.

**Таблиця 1. Режими механізованого зварювання у різних просторових положеннях**

Шар	Зварюваний матеріал	$V_{др}$ , м/хв	$I_{зв}$ , А	$U$ , В
Нижнє положення, 1G				
Кореневий	Св-08Г2С	4,0	135	19,2
Заповнювальний	ОК 15.19	9,4	207	28,4
	Coreshield 8	2,5	188	21
Облицювальний	ОК 15.19	9,4	210	28,2
	Coreshield 8	2,5	191	22
Вертикальне положення, 3G				
Кореневий	Св-08Г2С	2,8	103	18,8
Заповнювальний	ОК 15.19	7,5	192	22,6
	Coreshield 8	2,5	202	23
Облицювальний	ОК 15.19	7,5	198	22,4
	Coreshield 8	2,5	214	24,2
Стельове положення, 4G				
Кореневий	Св-08Г2С	2,9	115	16
Заповнювальний	ОК 15.19	8,0	185	26,3
	Coreshield 8	2,3	200	23,5
Облицювальний	ОК 15.19	7,5	180	26,0
	Coreshield 8	2,3	210	23

**Таблиця 2. Хімічний склад матеріалів, мас. %**

Матеріал	С	Si	Mn	Cr	Ni	Nb	Ti	Al	Mo	V	Cu	S	P
Св08Г2С	0,09	0,065	1,65	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ОК 15.19	0,05	0,4	1,3	–	1,0	–	–	–	–	–	–	–	–
Coreshield 8	0,19	0,14	0,5	0,1	0,25	0,01	–	0,43	0,03	0,02	0,1	0,02	0,02
Х70	0,08	0,26	1,60	0,03	0,03	0,062	0,002	–	–	–	–	0,006	0,022
09Г2С	0,09	0,63	1,51	0,06	–	–	–	–	–	–	–	0,035	–

Таблиця 3. Випробування зразків Ми-18 на розтяг

Зварювальний матеріал	Просторове положення	Межа міцності $\sigma_b$ , МПа	Місце руйнування зразка
OK 15.19	Нижнє 1G	575,3	Основний метал
Coreshield 8		504,1	
OK 15.19	Вертикальне 3G	579,1	"-"
Coreshield 8		505,2	
OK 15.19	Стельове 4G	570,9	"-"
Coreshield 8		503,3	

Аналіз отриманих результатів показує, що місце руйнування зразків у всіх випадках розташоване в основному металі. Такі результати засвідчують, що міцність зварного з'єднання перевищує міцність основного металу для цих комбінацій зварювальних матеріалів та захисного газу. Тому подальші лабораторні дослідження були спрямовані на визначення механічних характеристик та ударної в'язкості металу шва. В процесі здійснення експерименту виконання кожного наступного проходу починали в той момент, коли при охолодженні основний метал у визначених точках мав температуру 120...150 °С. Результати випробувань металу шва наведено в табл. 4 та 5.

Співставлення отриманих результатів випробувань показує, що межі плинності та міцності металу швів, виконаних газозахисним дротом ОК1519 в різних просторових положеннях, знаходяться на рівні нормативних значень основного металу труб класу міцності К60. Характеристика пластичності металу шва ( $\delta_5$ ) також перевищує мінімально необхідну –  $\delta_5 \geq 24$  %. Видно, що значення механічних характеристик при зварюванні в нижньому, вертикальному і стельовому положеннях практично однакові. При використанні самозахисного дроту Coreshield 8 межі плинності та міцності металу шва знаходяться на рівні нормативних значень основного металу труб класу міцності К50 – К52. Пластичність перевищує

мінімально необхідну –  $\delta_5 \geq 20$  %. Результати по ударній в'язкові високі навіть при температурі випробування –40 °С зразків по Шарпі.

Для оцінки граничної пластичності металу швів були проведені випробування стандартних зразків на статичний вигин. Ці випробування дозволяють оцінити здатність зварних з'єднань витримувати задану пластичну деформацію, величина якої визначається кутом вигину. Для кільцевих стикових з'єднань трубопроводів цей кут повинен бути не менший за 120°. У всіх варіантах комбінацій просторового положення зварювальних швів і електродних дротів кут вигину склав 180°.

Аналіз отриманих результатів показує, що при належній техніці зварювання і вибраних режимів зварювання стикові з'єднання відповідають нормативним вимогам.

Відомо, що при зварюванні в захисних газах маловуглецевих та низьколегованих сталей такі супутні елементи, як азот та кисень є шкідливими домішками [13, 14]. В певних умовах вони можуть впливати на зниження пластичності зварних з'єднань. Тому були проведені дослідження із визначення впливу захисних газів на вміст цих елементів в металі швів. Результати дослідження наведено в табл. 6.

З отриманих даних видно, що при зварюванні самозахисним дротом Coreshield 8 в наплавленому металі фіксується підвищений вміст азоту. Причин цьому може бути декілька: підвищена

Таблиця 4. Механічні характеристики металу шва

Зварювальний матеріал	$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
Нижнє положення, 1G				
OK 15.19	$\frac{467...491}{479}$	$\frac{598...603}{600,5}$	28,0	73,0
Coreshield 8	$\frac{382,2...374}{378,1}$	$\frac{532,1...533}{532,0}$	27,0	70,0
Вертикальне положення, 3G				
OK 15.19	$\frac{567...571}{569}$	$\frac{669...679}{674}$	24,0	69,0
Coreshield 8	$\frac{327,8...389,7}{358,7}$	$\frac{503,0...518,5}{510,7}$	31,0	69,8
Стельове положення, 4G				
OK 15.19	$\frac{534...541}{537,5}$	$\frac{648...653}{650,5}$	25,0	68,0
Coreshield 8	$\frac{354,0...384,0}{369}$	$\frac{514,0...517,0}{515,5}$	26,4	70,4

Таблиця 5. Ударна в'язкість (KCV) металу шва

Зварювальний матеріал	Ударна в'язкість $a_u$ , Дж/см <sup>2</sup> при температурі, °С		
	+20	-20	-40
Нижнє положення, 1G			
OK 15.19	$\frac{137...173}{164}$	$\frac{126...160}{139}$	$\frac{98...101}{98}$
Coeshield 8	$\frac{122,3...151,5}{137,3}$	$\frac{70,2...135}{124,6}$	$\frac{64,2...84,3}{73,5}$
Вертикальне положення, 3G			
OK 15.19	$\frac{109...154}{134}$	$\frac{99...111}{104}$	$\frac{82...99}{88}$
Coeshield 8	$\frac{127...152}{139}$	$\frac{90,3...115}{99,6}$	$\frac{54,2...58,4}{56,1}$
Стельове положення, 4G			
OK 15.19	$\frac{109...152}{136}$	$\frac{116...143}{132}$	$\frac{67...99}{79}$
Coeshield 8	$\frac{124...143}{134,3}$	$\frac{87,1...89,2}{87,4}$	$\frac{48,4...52,0}{50,6}$

Таблиця 6. Вміст азоту [N] та кисню [O] в наплавленому металі, %

Зварювальний матеріал	[N], %	[O], %
OK 15.19	0,0079	0,0428
Coeshield 8	0,0433	0,063

напруга; поганий газовий захист наплавленого металу від повітря. В самозахисних дротах карбонатно-флюоритного типу газовий захист метала відбувається за рахунок розкладання карбонатів. Кількість азоту в металі шва залежить від режиму зварювання. З підвищенням напруги на дузі кількість азоту в металі шва росте. При підвищенні довжини дугового проміжку в процесі плавлення дроту газу, який виділяється, може бути недостатньо для відтиснення повітря від поверхні розплавленого металу, парціальний тиск азоту в зоні дуги зростає і його кількість в металі збільшується [15]. Підвищення сили зварювального струму буде підсилювати розкладання карбонатів, але тим самим буде підвищувати вміст азоту в наплавленому металі [11]. Більш детальну відповідь можна буде дати при доскональному і направленому проведенні подальших експериментів.

**Висновки**

1. Проведені дослідження показали, що зварні з'єднання, отримані з використанням газозахисного дроту OK Tubrod 15.19 в суміші Ag+CO<sub>2</sub> на сталі Х70, дають механічні характеристики міцності зварного з'єднання на рівні  $\sigma_b = 574...580$  МПа, а механічні характеристики металу швів в різних просторових положеннях становлять  $\sigma_b = 600...670$  МПа.

Ударна в'язкість металу швів по Шарпі для температури -40 °С становить 79...98 Дж/см<sup>2</sup>. Плас-

тичні характеристики металу швів становлять  $\delta_5 = 28$  %, що перевищує регламентовані для сталі Х70 ( $\delta_5 \geq 23$  %). Отже, підсумовуючи результати технологічних показників, а також одержані механічні властивості при зварюванні сталі Х70 газозахисним дротом OK Tubrod 15.19 в суміші Ag+CO<sub>2</sub>, можна сказати, що допустимо зварювання трубних сталей з класом міцності К-60 ( $\sigma_b = 588$  МПа).

2. Отримані результати випробувань зразків, зварених самозахисним дротом Coeshield 8, показують, що міцність ( $\sigma_b = 515$  МПа) та плинність ( $\sigma_t = 369$  МПа) металу шва знаходиться на рівні нормативних значень основного металу труб класу міцності К-50–К-52. Ударна в'язкість металу шва по Шарпі при температурі випробувань -40° становить 56...73 Дж/см<sup>2</sup>.

3. Аналіз отриманих результатів свідчить, що при належній техніці зварювання і строгого дотримання режиму зварювання стикові з'єднання трубних сталей відповідають нормативним документам.

*Робота виконана у рамках комплексної програми НАН України «Проблеми ресурсу та безпечної експлуатації конструкцій, споруд і машин» у 2016–2020 рр.*

**Список літератури**

- Хрутьба В.О., Вайганг Г.О., Стегній О.М. (2017) Аналіз екологічних небезпек під час експлуатації та ремонту магістральних трубопроводів. *Екологічна безпека*, 2, 24, 75–82.
- Побережний Л.Я., Яворський А.В., Цих В.С. та ін. (2017) Підвищення рівня екологічної безпеки трубопровідних мереж нафтогазового комплексу України. *Техногенно-екологічна безпека*, 1, 24–31.
- Федорович І.В. (2013) Надійність експлуатації лінійної частини магістральних газопроводів та дослідження причин аварійності. *Агросвіт*, 5, 42–44.
- Бунько Т.В., Сафонов В.В., Стрежекуров Е.Є., Мацук З.М. (2018) Безпека дальнього транспорту газу. *Геотехнічна механіка*, 139, 106–115.
- Аскарів Р.М., Тагіров М.Б., Кукушкин А.Н., Аскарів Р.Г. (2020) Ремонт магістральних трубопроводів. *Neftegaz. RU*, 4, 140–145.
- Шлапак Л.С., Присяжнюк П.М., Луцак Л.Д., Луцак Д.Л. (2017) Ремонт корозійно-механічних дефектів магістральних трубопроводів методом наплавлення порошковими електродами. *Вісті Донецького гірничого інституту*, 1, 254–257.
- Исламов И.М., Чучкалов М.В., Аскарів Р.М. (2018) Оценка ресурса магистрального газопровода в условиях поперечного коррозионного растрескивания под напряжением. *Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья*, 2, 35–38.
- Горшкова О.О. (2020) Сварка магистральных нефте- и газопроводов. *Современные наукоемкие технологии*, 2, 7–11.
- Лобанова М.А., Климович В.С., Фесенко Н.В. и др. (2019) Исследование производительности процесса при дуговой сварке в защитных газах (СО<sub>2</sub> и его смеси с аргонном) плавящимся электродом низкоуглеродистых и низколегированных сталей. Новые материалы и технологии их обработки. *Сборник научных работ XX Республиканской студенческой научно-технической конференции, Минск, 17–18 апреля 2019 г.* Минск, БНТУ, сс. 90–92.
- Потапьевский А.Г. (2007) *Сварка в защитных газах плавящимся электродом*. Ч. 1. Сварка в активных газах. Киев, ЕкоТехнологія.
- (1989) *Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Сварка: ВСН 006-89* [Введен в действие 1989-07-01]. Миннефтегазстрой СССР. (Ведомственные строительные нормы).



12. (1994) Проволока порошковая для дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей. Общие технические условия: ГОСТ 26271-84 [Введен в действие 1987-01-01]. Москва, Госстандарт СССР.
13. Підгасцький В.В. (1970) *Пори, включення і тріщини в зварних швах*. Київ, Техніка.
14. Григоренко Г.М., Лакомский В.И. (1968) Макрокинетика поглощения азота электродным металлом из атмосферы дуги. *Автоматическая сварка*, **1**, 10–14.
15. Суптель А.М. (1976) *Механизированная сварка порошковой проволокой*. Киев, Наукова думка.

## References

1. Khrutba, V.O., Vaigang, G.O., Stegnii, O.M. (2017) Analysis of environmental hazards during operation and repair of main pipelines. *Ekologichna Bezpeka*, **2**, 24, 75–82 [in Ukrainian].
2. Poberezhnyi, L.Ya., Yavorskyi, A.V., Tsykh, V.S. et al. (2017) Increase of level of environmental safety of pipeline systems of gas-and-oil complex of Ukraine. *Tekhnogenno-Ekologichna Bezpeka*, **1**, 24–31 [in Ukrainian].
3. Fedorovych, I.V. (2013) Reliable operation of linear part of main gas-and-oil pipelines and examination of accident causes. *Agrosvit*, **5**, 42–44 [in Ukrainian].
4. Bunko, T.V., Safonov, V.V., Strezhekurov, E.Ie., Matsuk, Z.M. (2018) Safety of long-distance gas transmission. *Geotekhnichna Mekhanika*, **139**, 106–115 [in Ukrainian].
5. Askarov, R.M., Tagirov, M.B., Kukushkin, A.N., Askarov, R.G. (2020) Repair of main pipelines. *Neftegaz RU*, **4**, 140–145 [in Russian].
6. Shlapak, L.S., Prisyazhnyuk, P.M., Lutsak, L.D., Lutsak, D.L. (2017) Repair of corrosion-mechanical defects of main pipelines by method of flux-cored electrode surfacing. *Visti Doneiskogo Girnychogo Instytutu*, **1**, 254–257 [in Ukrainian].
7. Islamov, I.M., Chuchkalov, M.V., Askarov, R.M. (2018) Estimation of service life of main gas pipeline under conditions of transverse corrosion stress cracking. *Transport i Khranenie Nefteproduktov i Uglevodorodnogo Syria*, **2**, 35–38 [in Russian].
8. Gorshkova, O.O. (2020) Welding of main gas-and-oil pipelines. *Sovremennye Naukoyomkie Tekhnologii*, **2**, 7–11 [in Russian].
9. Lobanova, M.A., Klimovich, V.S., Fesenko, N.V. et al. (2019) Investigation of process productivity in consumable electrode gas-shielded arc welding (CO<sub>2</sub> and its mixture with argon) of low-carbon and low-alloy steels. In: *Proc. of 20th Republ. Student Sci.-Tekhn. Conf. on New Materials and Technologies of their Treatment*. (Minsk, 17-18 April 2019), Minsk, BNTU, 90-92 [in Russian].
10. Potapievsky, A.G. (2007) *Consumable electrode gas-shielded welding*. Pt 1: Active gas-shielded welding. Kiev, Ekotekhnologiya [in Russian].
11. (1989) *Constuction of main and industrial pipelines. Welding: DBN 006-89*. Introd. 1989-07-01. Minnetgazstroj SSSR [in Russian].
12. (1994) *General specifications: GOST 1987-01-01. Flux-cored wire for arc welding of carbon and low-alloy steels*. Introd. 1987-01-01. Moscow, Gosstandart SSSR [in Russian].
13. Pidgaetsky, V.V. (1970) *Pores, inclusions and cracks in welds*. Kyiv, Tekhnika [in Ukrainian].
14. Grigorenko, G.M., Lakomsky, V.I. (1968) Macrokinetics of nitrogen absorption by electrode metal from arc atmosphere. *Автоматич. Сварка*, **1**, 10–14 [in Russian].
15. Suptel, A.M. (1976) *Mechanized flux-cored wire*. Kiev, Naukova Dumka [in Russian].

## DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY OF SEMI-AUTOMATIC ARC WELDING FOR THE CONDITIONS OF OVERHAUL AND RECONSTRUCTION OF THE LINEAR PART OF THE MAIN GAS PIPELINES OF UKRAINE

S.Yu. Maksymov, A.A. Gavrilyuk, D.M. Krazhanovskiy

E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine, 11 Kazymyr Malevych Str., 03150, Kyiv, Ukraine.

E-mail: office@paton.kiev.ua

More than 37 thous. km of gas pipelines were laid through the territory of Ukraine. Their safe operation is based on proper technical maintenance and timely repair or reconstruction. At present manual welding is the main welding method used during performance of repair. Its low productivity necessitates shortening the duration of welding operations with simultaneous improvement of their quality. The objective of the work was development of the main principles and technology of semi-automatic arc welding of position circumferential butt joints of pipes of up to 1420 mm diameter inclusive that will enable shortening the time of welding operations performance, with the corresponding acceleration of laying of the restored sections of the main pipelines and simultaneous improvement of welded joint quality. Welding was performed by gas-shielded flux-cored wire OK Tubrod 15.19 of 1.2 mm diameter in Ar+CO<sub>2</sub> atmosphere and self-shielded flux-cored wire Coreshield 8 of 1.6 mm diameter. Analysis of the obtained results shows that the site of sample destruction is located in the base metal in all the cases. Such results show that the welded joint strength is higher than that of the base metal for these combinations of welding consumable and shielding gas. With the proper welding practices and strict adherence to the welding mode, butt joints of pipe steels comply with the normative documents, and flux-cored wire OK Tubrod 15.19 can be recommended for welding pipe steels of strength class K-60, while self-shielded flux-cored wire Coreshield 8 can be used for welding pipe steels of strength class K-52. 15 Ref., 6 Tabl.

*Keywords: main gas pipeline, semi-automatic arc welding, circumferential butt joint, flux-cored wire*

Надійшла до редакції 28.09.2020

### НОВА КНИГА

Рябцев И.А., Демченко Ю.В., Панфилов А.И. Износостойкий и коррозионностойкий биметалл. – Киев: Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины, 2020. – 224 с.

Наведено класифікацію багатшарових металів, описано основні способи їх виробництва, охарактеризовано структуру і властивості матеріалів, які застосовуються в якості основного і плакуючого шарів. Висвітлено питання теорії і практики отримання багатшарових матеріалів, наведено методики оцінки якості і властивостей багатшарових матеріалів, отриманих різними способами. Велику увагу приділено особливостям їх зварювання і застосування в різних галузях промисловості.

Книга розрахована на інженерно-технічних працівників, зайнятих в області наплавного і ремонтного виробництва. Може бути корисною викладачам, аспірантам і студентам технічних університетів.

Замовлення на книгу прохання надсилати в редакцію журналу «Автоматичне зварювання».

