

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ЗВАРНОГО З'ЄДНАННЯ ТРУБ ЗІ СТАЛІ МАРКИ ASTM A106/API 5L З ВИКОРИСТАННЯМ ПРЕСОВОГО ЗВАРЮВАННЯ МАГНІТОКЕРОВАНОЮ ДУГОЮ

В.С. Качинський¹, Yupiter HP Manurung²

¹ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України. 03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

²Smart Manufacturing Research Institute (SMRI) and School of Mechanical Engineering, UiTM Shah Alam, Malaysia

Пресове зварювання магнітокерованою дугою (ПЗМД) – це зварювальний процес, який застосовується для з'єднання труб із зовнішнім магнітним полем, що впливає на пересування дуги в вузькому зазорі між торцями труб. Цей процес зварювання складається з складної взаємодії між електричною дугою, зовнішнім магнітним полем та величиною осадки. У цій роботі проводилися дослідження по ПЗМД зварюванню безшовних труб з вуглецевої сталі марки ASTM A106/API 5L, яка використовується на електростанціях, котлах, нафтохімічних заводах, нафтогазопереробних заводах і судах, на яких трубопровід повинен транспортувати рідини і гази під високим тиском і температурою. Експериментальна процедура включає низку випробувань для розробки та оцінки бази знань щодо ПЗМД зварювання безшовних труб. Далі проводяться механічні випробування зварних з'єднань МІАВ зразка ASTM A106/API 5L для оцінки його міцності та оцінки цілісності зварного шва відповідно до стандарту API 1104. На додаток до дослідження розроблено та представлено концептуальну специфікацію процедури зварювання для ПЗМД та протокол кваліфікації зварювальних процедур для зварювання труб та подальшого застосування. Результати експерименту підкресливали, що зварні ПЗМД з'єднання демонструють високу міцність і хорошу цілісність зварного шва на рівні основного металу труби. Отже, ПЗМД можна розглядати як майбутній швидкий та економічний процес зварювання без дорогого використання присадних матеріалів та захисного газу. Бібліогр. 15, табл. 5, рис. 10.

Ключові слова: пресове зварювання, магнітно-керована дуга, безшовні труби, вуглецева сталь, зварні з'єднання, механічні властивості

Пресове зварювання магнітокерованою дугою (ПЗМД) встик – це вдосконалений процес зварювання, який є альтернативою таким зварювальним процесам, як тертя, опір і стикове контактне зварювання. ПЗМД – це твердотільний процес стикового пресового зварювання під тиском сталевих труб і трубчастих деталей [1–3]. У цьому процесі вирівняні затиснуті в машині осі труб, торці яких нагріваються дугою, яка обертається в зазорі між двома трубами. Формування дуги та її швидкість обертання контролюються магнітною силою радіальної складової індукції керуючого магнітного поля в зазорі. Була розроблена схема магнітного контролю руху зварювальної дуги у вузькому зазорі зварних труб. Дуга нагріває торці труб, викликаючи локалізовану невелику смугу плавлення та сусіднього пом'якшення в зоні термічного впливу (ЗТВ), а згодом труби осаджують між собою для отримання зварного з'єднання [4].

При ПЗМД зварюванні зовнішнє кероване магнітне поле переміщує дугу в зазорі між краями труб, як показано на рис. 1. Дві труби, готові до зварювання, встановлені коаксіально. Магнітні системи, встановлені навпроти один одного, утворюють магнітні потоки в дуговому зазорі. Шляхом короткого замикання збуджується зварюваль-

на дуга. Зварювані труби розсуваються на певний дуговий зазор (від 1,5 до 2,1 мм). Взаємодія між осьюовою складовою струму зварювальної дуги та радіальною магнітною складовою, спрямованою перпендикулярно струму зварювальної дуги, призводить до створення сили. Ця сила переміщує зварювальну дугу вздовж торців труб. Зварювання ПЗМД використовує заздалегідь запрограмоване управління струмом дуги з рухом дуги, яке може досягати лінійної швидкості 270 м/с. Цим досягається рівномірне нагрівання торців труб, забезпечуючи таким чином якісне зварне з'єднання. У цьому дослідженні модель машини МД 101 та МД 205, розробленої в ІЕЗ ім. Є.О. Патона, як показано на рис. 2, використовувалася для зварювання безшовних труб, які працюють при високих температурах.

Визначення відповідних комбінацій параметрів зварювання для якості та міцності зварного шва може бути тривалим процесом, пов'язаним із сут-

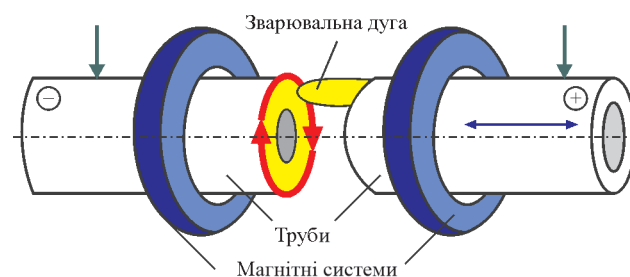


Рис. 1. Схема процесу ПЗМД зварювання



Рис. 2. Машина МД-101 для ПЗМД зварювання труб

тевим методом проб і помилок, починаючи з аналізу попередньої специфікації процедури зварювання, а потім виготовлення зварного тестового з'єднання для виконання неруйнівних та руйнівних випробувань, таких як макро- та мікротравлення для металографічних досліджень та випробування на розрив. Специфікація процедури зварювання (СПЗ) для ПЗМД встановлюється на підставі сертифіката про схвалення зварювальної процедури, підписаного уповноваженою особою, такою як інженер зі зварювання і доповненого до кваліфікаційного запису процедури зварювання матеріалу, що зварюється [5]. У виробництві зварних з'єднань письмова специфікація процедури зварювання є «рецептом» виробництва певної якості зварного шва, відповідає стандартним вимогам до виготовлення, таким як у API 1104.

Деякі роботи були проведені в області ПЗМД зварювання. Оскільки цей процес вважається відносно новим процесом, існує дуже мало літератури, що стосується процесу ПЗМД зварювання для використання на електростанціях, котлах, нафтохімічних заводах, нафтогазопереробних заводах і судах, на яких трубопровід повинен транспортувати рідини і гази під високим тиском і температурою. Тапекко А. та ін. [6] використовували детектор напруги в різних місцях всередині труби з легованої сталі, осцилограф та високошвидкісну відеокамеру для вимірювання швидкостей дуги та кутів дуги. Зокрема, вони вивчали взаємозв'язок між швидкістю дуги, кутом дуги та положенням, у якому живлення подається до труб. Вони дійшли висновку, що через вплив дуги та низький електричний опір труби, струм дуги збільшується ближче до роз'єму кріплення на трубі. Leigh F. та ін. [7] представив нову перспективу від проекту розвитку впровадження технології в галузі будівництва нових трубопроводів в Австралії. У цьому дослідженні був спроектований і побудований прототип зварювального апарату ПЗМД, здатний зварювати трубопроводи природного газу діаметром 150 мм, що відповідають вимогам до австралійського стандарту нафтопрово-

ду AS2885.2. Результати досліджень, проведених Качинським В.С. та ін. [8], показали доцільність практичного застосування ПЗМД для зварювання труб та трубопроводів зі сталі X70. Edson D. [9] окреслив типові промислові застосування в автомобільній промисловості – зварювання МІАВ для зварювання деталей в кожусі задньої осі автомобіля Ford Transit, що містить два кругових і два квадратних стикових шва. Дослідження Качинського В.С. та ін. [10] представили результати зварюваності автомобільних деталей. Було досліджено можливість зварювання компактних порожніх автомобільних деталей, таких як кермовий стрижень діаметром 22×2,2 мм, амортизатор діаметром 40×2,2 мм. З 1994 р. пневматичні пружини та амортизатори, зварені ПЗМД, виготовлялися на автомобільних заводах, на яких було виготовлено понад 7,4 млн зварних з'єднань.

Використання ПЗМД зварювання у виробництві комплектуючих для кабін вантажівок компанії Thyssen Krupp Automotive Systems описано Hiller F. та ін. [11]. Jenicek A. та ін. [12] продемонстрували, що трубчасті порожнисті тіла, такі як гайки, гільзи та втулки, можна прикріпити до листів за допомогою процесу з особливою економічною вигідністю. З розширеними пристроями для зварювання дугоподібними шпильками алюмінієві компоненти з внутрішньою різьбою між М8 та М24 приварювали до перфорованих листів. Могі S. та ін. [13] оцінили доцільність процесу ПЗМД зварювання з алюмінієвими та алюмінієво-мідними з'єднаннями. У цій структурі було складно досягти необхідної щільності магнітного потоку в стику з кольоровими матеріалами порівняно з чорними. Тому всередину труби часто вставляли феромагнітний стрижень. У дослідженні повідомляється про метод ПЗМД, розроблений для зварювання неферомагнітних ме-

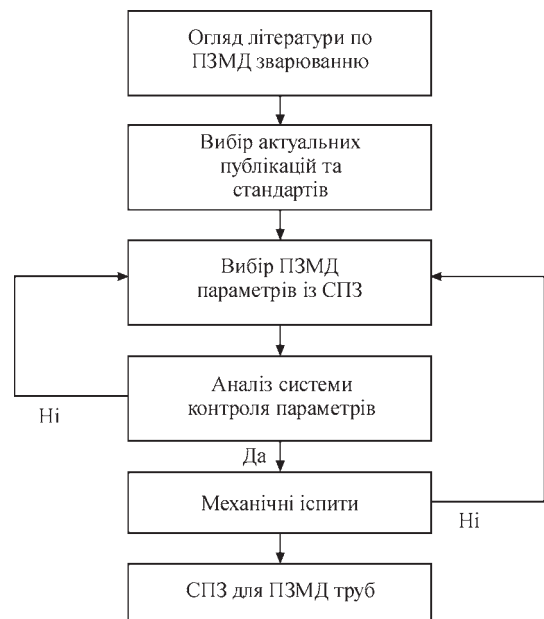


Рис. 3. Блок-схема дослідження

талів, і досліджуються умови та методи стикового зварювання труб малого діаметра з алюмінію до алюмінію (Al–Al) та до міді (Al–Cu).

В роботі представлені результати проведених досліджень ПЗМД зварювання безшовних труб ASTM A106/API 5L діаметром від 42 до 200 мм з вуглецевої сталі для високотемпературного обслуговування та виробництва, які мали на меті розробити специфікацію параметрів зварювання для високотемпературних безшовних труб за допомогою ПЗМД зварювання. Блок-схема дослідження представлена на рис. 3.

Ідентифікація параметрів ПЗМД процесу для ASTM A106/API 5L. Безшовна труба ASTM A106/API 5L класу B, яка працює під тиском. У цьому дослідженні було використано матеріал ASTM A106/API 5L класу B. Він був спеціально розроблений для використання на електростанціях, котлах, нафтохімічних заводах, нафтогазових заводах та суднах, де трубопроводи повинні транспортувати рідини та газу, що мають високий тиск і температуру. Цей матеріал підходить для згинання, фланцювання та подібних операцій формування. Механічні властивості та хімічний склад цього матеріалу представлені у табл. 1 та 2 відповідно.

Попередня специфікація процедури зварювання. Попередня специфікація процедури зварювання є важливим етапом у розробці СПЗ. Це документ,

що містить необхідні змінні процедури зварювання, які необхідно кваліфікувати, щоб створити кваліфіковану специфікацію процедури зварювання. На цьому етапі вибір струму, часу, тиск осадки та дугового зазору в основному здійснюється шляхом проб і помилок на зварювальній машині. Інженер-дослідник також посилається на рекомендації виробника щодо параметрів. Спочатку проводиться візуальний огляд зварного з'єднання для п'яти наборів параметрів процесу. Загальні спостереження для кожного випробування наведено в табл. 3.

Результат показує, що хороший зварний шов з рівномірним проникненням досягається у випадку зварювання 5, як показано на рис. 4.

Результат механічних випробувань. Механічні випробування, такі як випробування на розтяг, вигин, розрив, твердість та макротравлення, проводилися відповідно до стандарту API 1104 [14]. Результати випробування на розрив наведено в табл. 4. Вони показують, що міцність зразка становить 459,88 МПа, що відповідає міцності основного металу труби 415 МПа, а зразок розірвався по основному металу, як показано на рис. 5. Абсолютно прийнятні результати довели, що параметри ПЗМД зварювання, використовані для зварювання ASTM A106/API 5L, підібрані технологічно правильно.

Результати випробування на бічний вигин для визначення міцності зварного з'єднання труб на-

Таблиця 1. Механічні властивості сталі ASTM A106/API 5L

Діаметр, мм	Товщина стінки, мм	Межа міцності, МПа	Межа плинності, МПа	Подовження, %
42,7	3,83	415	294	31
114,3	6,02	423	305	37
168,3	10,00	429	309	39

Таблиця 2. Хімічний склад сталі ASTM A106/API 5L, мас. %

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo
0,28	0,25	1,20	0,030	0,030	0,50	0,50	0,50	0,15

Таблиця 3. Пробне спостереження за зварними з'єднаннями труб марки ASTM A106/API 5L

Номер дослідження	Струм, А			Час зварювання, с				Тиск осадки, бар	Дуговий зазор, мм	Візуальний контроль
	I_1	I_2	I_3	T_1	T_2	T_3	T_4			
1	230	170	500	1	2,75	10,5	0,18	4,5	1,4...1,6	Нерівномірне підсилення зварного з'єднання
2	230	180	520	1	2,6	10,5	0,2	4,4	1,4...1,6	Надлишок видавленого металу в зварному шві
3	230	190	550	1	2,6	9,0	0,2	4,3	1,4...1,6	«-»
4	230	210	570	1	2,5	8,5	0,3	4,3	1,4...1,6	«-»
5	230	215	600	1	2,5	8,0	0,3	4,2	1,4...1,6	Якісний шов, рівномірне підсилення

Таблиця 4. Результат випробування на розрив зварного з'єднання труб марки ASTM A106/API 5L

Зовнішній діаметр, мм	42,7	114,3	168,3
Товщина, мм	3,83	6,02	10,00
Площа перерізу, мм ²	467	2048	4971
Межа плинності, МПа	344,93	351,28	354,37
Межа міцності, МПа	459,88	448,93	461,84

Таблиця 5. Результати випробувань на згин внутрішньої та зовнішньої поверхонь ASTM A106/API 5L

Ширина, мм	Товщина, мм	Результати іспитів	Замітки
25,0	3,83	Задовільні	Тріщина на стику відсутня
12,0	10,00	—»—	«-»



Рис. 4. Рівномірне формування зварного з'єднання



Рис. 5. Випробування зварного зразка труби на розрив

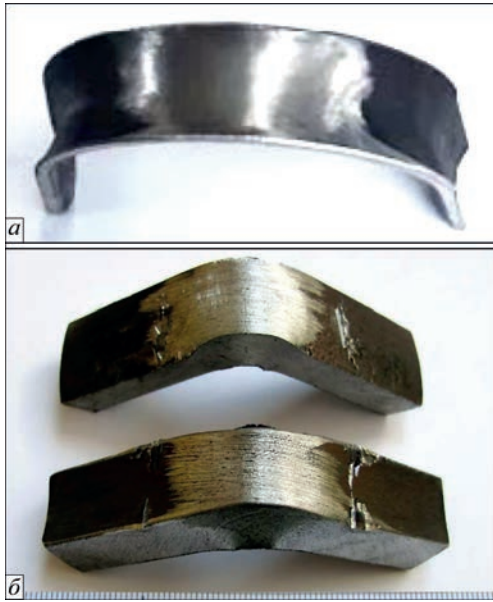


Рис. 6. Випробування з внутрішнього та зовнішнього вигинів зварного зразка: а – труба діаметром 42,7×3,83 мм; б – 168,3×10,00 мм

ведено в табл. 5. Як видно на рис. 6, зразок знаходиться у відмінному стані без ознак тріщини або дефектів у зоні згину.

Для оцінки розривів та дефектів зварного зразка було проведено випробування на злом. Як можна побачити на рис. 7, зразок знаходиться у належному стані, без пористості та з відсутністю несплавлення на відкритій поверхні зварного шва.

Метод перевірки твердості проводили згідно з ASTM E92. Вимірювання було зроблено у зварному шві, ЗТВ та основному металі за допомогою методу Віккерса $HV 10$, як показано на рис. 8. Виміряні значення твердості на зразках для випробування наступні:

Зварний шов – $HV 10$ – 183...232

ЗТВ – $HV 10$ – 153...170

Основний метал – $HV 10$ – 145...169



Рис. 7. Випробування на злом зварного зразка труби

Ці результати значень довели, що зварне з'єднання виконується з використанням оптимально підібраних параметрів ПЗМД зварювання [15].

Для металографічних випробувань зразок був підготовлений і витравлений з однієї сторони відповідно до API 1104. Зі спостереження це свідчить про те, що зразок був повністю сплавленим і вільним від тріщини, як представлено на рис. 9.

Результати та обговорення. Для фактичного запису параметрів процесу ПЗМД, застосованих для цілей тестування, було проведено запис процедури зварювання. З візуальних та механічних випробувань запис процедури зварювання був далі розроблений у специфікацію процедури зварювання. У робочому середовищі ці параметри змінюються залежно від багатьох факторів. Отже, у СПЗ параметри були вказані в діапазоні, який все одно забезпечував би найкраще зварювання для цього матеріалу. На рис. 10 представлено параметри СПЗ, розробленої для труб з матеріалу ASTM A106/API 5L.

Ця інформація є корисна при проектуванні трубопроводів, коли інженери часто стикаються з труднощами у виборі процесу зварювання, вона допоможе встановити придатність ПЗМД для трубно-промисловості. Наведені параметри зварювання та дані про виробництво будуть корисними для застосування методів зварювання труб у практичній ситуації. Крім того, це допоможе інженерам уникнути помилок, які можуть бути дорогими, або подолати проблеми, коли на виробництві виникає дефект зварювання.

Зварювальний струм при ПЗМД можна розділити на три етапи, а час зварювання – у чотири етапи. Для зварювання ASTM A106/API 5L труб діаметром 42,2 мм з товщиною стінки 3,56 мм струм I1 використовується протягом приблизно 1 с, протягом якої зварювальні труби короткочасно стискаються до короткого замикання та вклю-

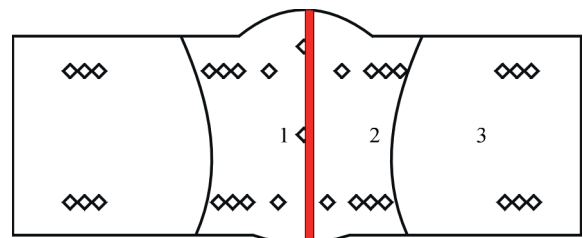


Рис. 8. Результати випробувань зварного зразка на твердість за Віккерсом: 1 – зварний шов; 2 – ЗТВ; 3 – основний метал



Рис. 9. Макрошліф зварного з'єднання

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України					
Специфікація процедури ПЗМД зварювання					
Специфікація: API 1104 Процес зварювання: Пресове зварювання магнітокерованою дугою (ПЗМД) Марка сталі: ASTM A106/API 5L Група: клас Б Модель ПЗМД машини: МД-101, МД-205			ПЗМД СПЗ №: ІЕЗ СПЗ/ПЗМД – 001 Метод процесу: Автоматичний Мета СПЗ: Процедура для вуглецевих сталей Діаметр труби: 40...200 мм Товщина стінки: 3?5...10 мм		
Конфігурація з'єднання			Деталі з'єднання		
					
Характеристика з'єднання			Захисні гази та матеріали		
Тип з'єднання: стикове з'єднання			Захисні гази: не використовуються Зовнішній обдув: не використовується Внутрішній продув: не використовується Зварювальна проволочка: не використовується		
Зварювальні параметри для труб діаметром 42,7 мм					
Номер етапу	Зварювальний струм, А	Час зварювання t , с	Напруга дуги, В	Дуговий зазор, мм	Зусилля осадки, кН
1	220...240	2,5...2,7	24...27	1,6...1,8	41...44
2	180...190	10...12			
3	570...610	0,2...0,4			
Підготовлено: _____			Сертифіковано: _____		
Дата: _____			Дата: _____		

Рис. 10. СПЗ для ПЗМД зварювання

часться зварювальний випрямляч. Т2 (2,4...2,6 с) – це проміжок часу, протягом якого короткозамкнені торці труб відводяться на дуговий зазор, після чого між ними збуджується дуга. Крім того, на цьому етапі часу дуга починає прискорювати обертання в зазорі вздовж торців труб. За цей період часу використовується струм І1 (220...240 А). На стадії Т3 (7...9 с) дуга прискорюється і обертається з відносно високою швидкістю вздовж торців труб, нагріваючи при цьому поверхні торців труб до температури пластичної деформації на глибину 4...7 мм. Під час стадії Т3 подається струм 180...190 А (струм І2). Цикл зварювання завершується осадкою, яка відбувається в час Т4 (0,2...0,4 с), подаючи підвищений струм 590...610 А. Загальний час ПЗМД зварювання для цього зразка становить близько 10...12 с.

За результатами механічних випробувань та металургійного спостереження зварного ПЗМД з'єднання (параметр процесу згідно п'ятого випробування в табл. 3) можна зрозуміти, що якість, міцність і твердість знаходяться в допустимих межах відповідно до застосування в промисловості України та інших країн. Ці результати чітко підкреслюють, що ПЗМД підходить для зварювання високотемпературних безшовних труб.

Висновок

У цьому дослідженні для зварювання сталевих труби марки ASTM A106/API 5L застосовували процес ПЗМД, який зазвичай використовується у високотемпературних умовах. Якість перевіряли візуально та механічно випробували, щоб переконатися у якості зварного шва. Специфікація процесу зварювання була розроблена для застосування цього процесу до робочого середовища відповідно до стандарту України та інших країн. З цього дослідження робиться такий висновок:

– за допомогою процесу ПЗМД час зварювання можна скоротити на 80 % порівняно зі звичайним процесом зварювання;

– ПЗМД вимагає простої підготовки поверхні і не потребує будь-якої обробки;

– обертання дуги під час нагрівання на повітрі забезпечує очищення зварювальної поверхні, забезпечуючи таким чином якість зварювання;

– для зварювання ПЗМД було розроблено СПЗ;

– процес ПЗМД зварювання відповідає стандарту API 1104, який використовується при зварюванні трубопроводів у різних країнах.

Список літератури/References

1. Ganovski, FJ (1974) The magnetarc welding process. *Welding and Metal Fabrication*, 206–213.

- Kachinskiy, V. (2012) Magnetically-impelled arc butt welding for manufacture of hollow parts of mass production. *Welding Technology Journal Japan*, 60
- Kuchuk-Yatsenko, S.I., Ignatenko, V.Yu., Kachinskiy, V.S. (1998) Investigation of the quality of joints of pipes from heat-resistant and hardening steels made by pressure welding with arc heating controlled by a magnetic field. *Automatic Welding*, 6.
- Kachinskiy, V.S., Krivenko, V.G., Ignatenko, V.Yu. (2002) Magnetically impelled arc butt welding of hollow and solid parts. International Institute of Welding, III-1208-02. *Welding in the world*, 46, 7/8.
- Dahia, A., Muhd, F., Norridzwan, N., Yupiter, HPM (2018) Parameters identification for weld quality, strength and fatigue life enhancement on HSLA (S460G2+M) using Manual GMAW followed by HFMI/PIT. *Journal of Mechanical Engineering*, SI 5 (4), 205–222.
- Taneko, A., Fumiho, A., Kenji, T., (1986) Analysis of arc rotation velocity in magnetically impelled arc butt welding. *Welding International Journal*, 4, 247–253.
- Leigh, F., Cec, S., Gabriel, S. (2003) MIAB welding: breakthrough technology for high productivity field welding of pipelines. *APIA National Convention Pipelines – Yesterday, Today and Tomorrow Convened by the Australian Pipeline Industry Association*.
- Kachinskiy, V.S., Kuchuk-Yatsenko, S.I., Ignatenko, V.Yu., Koval, M.P. (2010) Magnetically-impelled arc butt welding of pipes of steel X70. *Australasion welding journal*, Volume. 55, Second Quarter.
- Edson, D.A. (1982) *Magnetically impelled arc faying surfaces welding of thick wall tubes*. International Institute of Welding, IM-726–82.
- Kachinskiy, V.S., Kuchuk-Yatsenko, S.I., Ignatenko, V.Yu. (2010) Magnetically-impelled arc butt welding of automobile parts. *Australasion welding journal*. Vol. 55, Second Quarter.
- Hiller, F., Schmidt, M., Breiksch, J. (2003) Use of the magnetarc welding process in the production of truck cab suspension systems. *ThyssenKrupp Techforum*, 40–43.
- Jenicek, Cramer, Bush, H. (2005) Weld on aluminium materials: A further development for joining of small hollow bodies using a magnetically impelled arc. *Welding and Cutting*, 4, 10–14.
- Mori, S., Yasuda, K. (1990) Magnetically impelled arc butt welding of aluminum pipes. *Trans Japan Weld Society*, 21, 3–10.
- API STANDARD 1104 (2013) *Welding of pipelines and related facilities*. American Petroleum Institute.
- Cvetkovski, S., Slavkov, D., Magdeski, J. (2003) Welding procedure specification for arc welding of St 52-3N steel plates with covered electrodes. *Proceeding of 3rd BMC*, 152–160.

INVESTIGATIONS OF THE QUALITY OF WELDED JOINTS OF PIPES FROM STEEL OF ASTM A106/API 5L GRADE, USING MAGNETICALLY IMPELLED ARC BUTT WELDING

V.S. Kachinskiy¹, Yupiter HP Manurung²

¹E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine. 11 Kazymyr Malevych Str., 03150, Kyiv, Ukraine.

E-mail: office.paton@kiev.ua

²Smart Manufacturing Research Institute (SMRI) and School of Mechanical Engineering, UiTM Shah Alam, Malaysia

Magnetically-impelled arc butt welding (MIAB) is a welding process applied for joining pipes with an external magnetic field, which influences the arc displacement in a narrow gap between the pipe end faces. This welding process consists of a complex interaction between the electric arc, external magnetic field and upset value. In this work, investigations were performed on MIAB welding of seamless pipes from carbon steel of ASTM A106/API 5L grade, which is used in electric power plants, boilers, petrochemical plants, petroleum processing plants and ships, where the pipeline should transport liquids and gases under high pressure and temperature. The experimental procedure includes a range of tests for development and assessment of the knowledge base on MIAB welding of seamless pipes. Then mechanical testing of MIAB welded joints of ASTM A106/API 5L sample to assess its strength and weld integrity in keeping with API 1104 standard. In addition to investigations, a conceptual specification of MIAB welding procedure and protocol of welding procedure qualification for welding pipes and their further application were developed and presented. The experimental results emphasized that the MIAB welded joints demonstrate the high strength and good integrity of the weld on the level of the pipe base metal. Thus, MIAB welding can be regarded as the future fast and cost-effective welding process without expensive use of filler materials and shielding gas. 15 Ref., 5 Tabl., 10 Fig.

Keywords: press welding, magnetically-impelled arc, seamless pipes, carbon steel, welded joints, mechanical properties

Надійшла до редакції 21.09.2021

Данина пам'яті

11 жовтня відбулося відкриття на фасаді четвертого корпусу ІЕЗ ім. Є.О. Патона меморіальної дошки академіку Національної академії наук України Сергію Івановичу Кучуку-Яценку, видатному вченому в галузі зварювання, заслуженому діячу науки і техніки України, лауреату численних державних премій та нагород, заступнику директора ІЕЗ, заступнику і головному редактору журналу «Автоматичне зварювання».

На відкритті були присутні співробітники інституту, учні, найближчі колеги С.І. Кучука-Яценка, а також рідний онук Сергій. Із спогадами про Сергія Івановича виступили академіки НАН України Кривцун І.В., Лобанов Л.М., Петров В.В., член-кореспондент НАН України Шаповалов В.О., Зяхор І.В., представник ПАТ «Укрзалізниця» Яковлев В.О. Всі виступаючі відзначили талант вченого, його проривні досягнення у галузі зварювання залізничних рейок, трубопроводів, елементів ракетної техніки, видатні новаторські здібності, енергію, турботу про молодих вчених, самовідданість науці та праці.

І.В. Кривцун висловив побажання, щоб соратники, учні та представники молодого покоління інституту продовжили справу всього життя Сергія Івановича і примножили її новими досягненнями.

