

# ФОРМУВАННЯ ШВІВ ПРИ ЗВАРЮВАННІ СТИКІВ З АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ АМГ5М ПЛАВКИМ ЕЛЕКТРОДОМ В МОНТАЖНИХ УМОВАХ БЕЗ ЗАСТОСУВАННЯ ПІДКЛАДНОГО ФОРМУЮЧОГО ЕЛЕМЕНТА ТА З НИМ

Т.М. Лабур, М.Р. Яворська, В.А. Коваль

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)

Представлено результати дослідження особливостей формування швів при імпульсно-дуговому зварюванні у різних просторових положеннях сплаву АМГ5М товщиною 4 мм плавким електродом на швидкості 23 м/год. з використанням підкладного формуючого елемента (ПФЕ) та без нього. Показано, що незалежно від кута нахилу стиків відносно горизонтальної площини утворюються якісні шви. Наявність ПФЕ збільшує в середньому на 4...12 % геометричні розміри швів, зварених плавким електродом в залежності від просторового положення стиків. Отримані дані наглядно демонструють можливість отримання належної якості швів і високого рівня механічних властивостей при зварюванні плавким електродом алюмінієво-магнієвих сплавів у різних просторових положеннях стиків без використання ПФЕ. Бібліогр. 6, табл. 3, рис. 4.

*Ключові слова:* алюмінієвий сплав, аргонодугове зварювання, плавкий електрод, присадний дріт, просторові положення стиків, підкладний формуючий елемент, зварні з'єднання, шви, кристалізація, структура, механічні властивості

Алюмінієвий сплав АМГ5М відноситься до класу деформованих магнеліт системи легування Al–Mg–Mn (4,8...5,2 Mg, 0,3...0,8Mn) та є термічно незміцнюваним. Його міцність становить  $\sigma_b = 295...305$  МПа. Він має високу пластичність ( $\delta = 20$  %) в широкому діапазоні температур застосування, а також значну корозійну міцність (після проведення операції відпалу) та стійкість до умов вібрацій [1]. Даний сплав та його зварні з'єднання застосовуються для виготовлення деталей та вузлів конструкцій різного призначення, зокрема, панелей обичайок та корпусів, днищ, фланців, трубних решіток, тощо.

Нагрівання металу при зварюванні призводить до зміни структури – збільшення розмірів зерна, локалізації та коагуляції фаз вздовж границь зерен, появи оксидних включень, що в цілому негативно позначається на значеннях механічних властивостей зварних з'єднань [2, 3]. Тому актуальним є потреба забезпечити якість зварних конструкцій з алюмінієвого сплаву АМГ5М, чутливого до термічного циклу зварювання. Процес, який відбувається в монтажних умовах, потребує пошуку більш досконалих технологій зварювання стиків, коли не завжди можна використовувати підкладні формуючі елементи, що сприяють якісному формуванню кореня швів. З'єднання при цьому виконуються у різних просторових положеннях, відмінних від загальноприйнятих. В зв'язку з цим, метою даної роботи є вивчення характеру формування металу шва алюмінієво-

го сплаву АМГ5М товщиною 4 мм при імпульсно-дуговому зварюванні плавким електродом (ІДЗПЕ) та встановлення його впливу на механічні властивості зварних з'єднань, отриманих у різних просторових положеннях стиків при наявності підкладного формуючого елемента (ПФЕ) та без нього.

Слід зазначити, що головною особливістю способу ІДЗПЕ є можливість переносу краплі електродного металу за короткий проміжок часу – порядком кількох мілісекунд. Відомо, що рухомість зварювальної ванни пов'язана з її плинністю і відповідно з температурою [4]. Вона головним чином залежить від середнього значення зварювального струму, який при ІДЗПЕ нижчий ніж при класичних способах зварювання. Тобто перенос електродного металу і кінетика кристалізації зварювальної ванни розділені у часі. Під час протяжної дії імпульсу зварювальний струм підвищується та відповідає режиму переносу металу. Сформована на торці електрода крапля скидається завдяки значним електромагнітним силам, які при цьому впливають на неї. Протягом періоду, коли імпульс зварювального струму низький, не відбувається плавлення електродного металу, а лише підтримується режим горіння дуги. Зменшення середнього зварного струму порівняно з умовами зварювання постійним струмом дозволяє отримати менший об'єм зварювальної ванни [2].

**Методика досліджень.** Перед зварюванням пластини алюмінієвого сплаву АМГ5М розміром

Лабур Т.М. – <https://orcid.org/0000-0002-4064-2644>, Яворська М.Р. – <https://orcid.org/0000-0003-2016-6289>,

Коваль В.А. – <https://orcid.org/0000-0001-5154-1446>

© Т.М. Лабур, М.Р. Яворська, В.А. Коваль, 2021

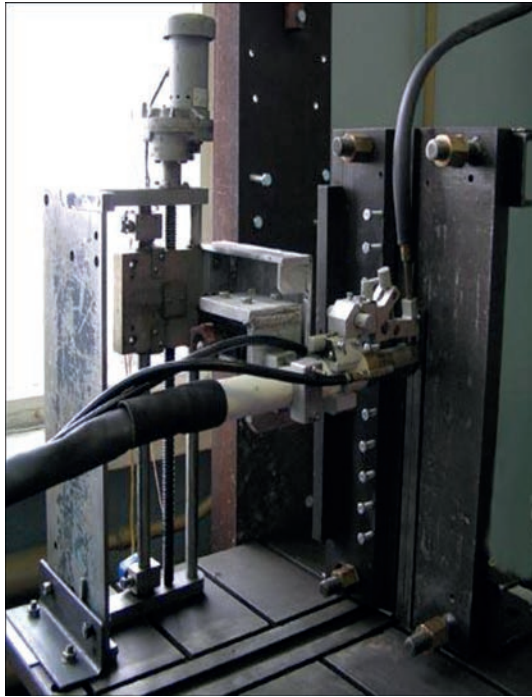


Рис. 1. Зовнішній вигляд установки PCSO-600 для отримання регульованого кута нахилу стиків у межах від 0 до 90° відносно горизонталі рухомої платформи при зварюванні

350×100×4 мм і присадний дріт марки ЗвАМг6 діаметром 1,6 мм традиційно очищали у розчині їдкого натру з наступним промиванням у холодній воді. Освітлення пластин та дроту здійснювали у розчині азотної кислоти з обов'язковою промивкою у воді та кінцевою сушкою [5]. Торці стиків зачищали механічним шляхом на глибину не менше 0,1 мм. Регламент робіт виконувався згідно загальноприйнятій методиці [6] та ГОСТ-14806.

Зварювання пластин зі сплаву АМг5М виконували плавким електродом зі швидкістю 23 м/год модульованим імпульсним струмом з використанням інверторного джерела живлення TPS 2700 фірми «Fronius» та установки PCSO-600 для отримання регульованого кута нахилу стиків у межах від 0 до 90° відносно горизонталі рухомої платформи (рис. 1). Зварні з'єднання отримували за один прохід на технологічних режимах, зазначених в табл. 1. Довжина дуги складала 3...5 мм, виліт електрода 8...10 мм, витрати захисного газу аргону високої чистоти марки «А» (ГОСТ 10157-76) становили 20 л/хв, а кут нахилу пальника відносно вертикальної вісі 10...15°. Процес з'єднання стиків здійснювали з використанням формуючого

Таблиця 1. Режими ІДЗПЕ сплаву АМг5М товщиною 4 мм на швидкості 23 м/год при різних просторових положеннях стиків відносно горизонтальної площини

Кут нахилу стиків до горизонтальної площини при зварюванні, град.	Без використання ПФЕ			З використанням ПФЕ		
	$U_d, В$	$I_{зв}, А$	$V_{др}, м/хв$	$U_d, В$	$I_{зв}, А$	$V_{др}, м/хв$
0	18,9	100	6,9	19,0	112	7,5
30	19,0	100		18,9	111	
60	19,3	101		18,9	114	
90	19,1	103		19,11	115	

Примітка:  $U_d$  – напруга на дузі, В;  $I_{зв}$  – зварювальний струм, А;  $V_{др}$  – швидкість подачі зварного дроту, м/хв.

Таблиця 2. Геометричні параметри зварних з'єднань сплаву АМг5М, виконаних ІДЗПЕ, у різних просторових положеннях на швидкості зварювання 23 м/год без ПФЕ та з ПФЕ

Кут нахилу стиків до горизонтальної площини, град.	Геометричні параметри зварного шва									
	Без ПФЕ					З ПФЕ				
	$B, мм$	$b_{прош}, мм$	$H_{посл}, мм$	$h_{прош}, мм$	$K$	$B, мм$	$b_{прош}, мм$	$H_{посл}, мм$	$h_{прош}, мм$	$K$
0	10,11...10,2	4,58...4,60	1,45...1,50	1,85...1,90	1,85	10,53...10,57	5,82-5,99	2,14...2,18	1,64-1,70	1,71
30	9,96...10,10	5,24...5,25	1,64...1,81	1,43...1,47	1,79	11,6...1,69	4,78...4,9	1,85...2,06	1,69...1,7	1,95
60	9,74	6,94...6,98	1,66...1,70	1,49...1,70	1,71	11,40...11,7	3,95-5,56	2,17...2,27	1,64-1,84	1,82
90	10,03...10,26	6,54...6,71	1,87...1,93	1,42...1,52	1,72	10,69...10,79	5,16-5,27	2,28...2,46	1,48-2,16	1,69

Примітка: 1.  $K$  – коефіцієнт форми шва дорівнює відношенню ширини ( $B$ , мм) шва до його товщини ( $H + \delta$ , мм):  $K = B / (H + \delta)$   
 2. Значення  $K$  допускається в діапазоні від 0,5 до 4,0, оптимальним вважаються значення від 1,2 до 2,0.

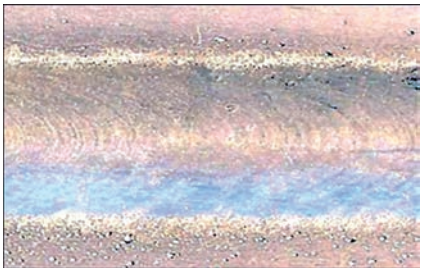
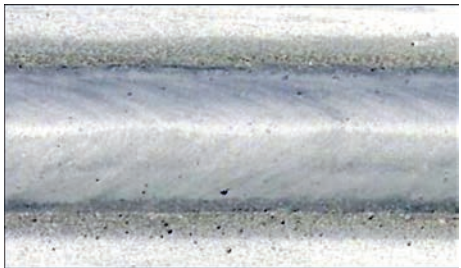
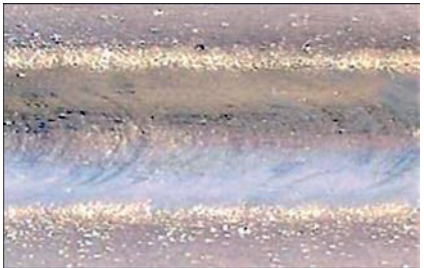




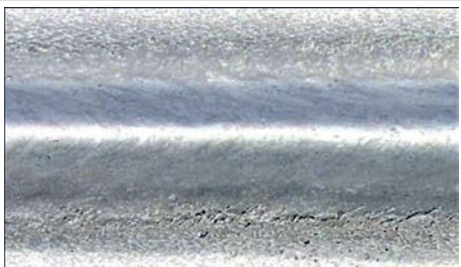
Кут нахилу стиків до горизонтальної площини, град.	Зовнішній вигляд швів без ПФЕ	Зовнішній вигляд швів з ПФЕ
0		
30		
60		
90		

Рис. 2. Зовнішній вигляд зварних швів сплаву АМг5М, виконаних плавким електродом у різних просторових положеннях на швидкості зварювання 23 м/год без застосування ПФЕ та при застосуванні

елемента (ПФЕ) та без нього, тим самим, моделювали різні монтажні умови, які застосовують при зварюванні на стапелях. Зовнішній вигляд зварних швів сплаву АМг5М, виконаних у різних просторових положеннях на швидкості зварювання 23 м/год без ПФЕ та з ним, надано на рис. 2.

Візуальний контроль отриманих зварних швів проводили за зовнішнім виглядом, а методом рентгенографії (ГОСТ 7512-89) оцінювали внутрішню їх якість. Аналіз рентгенограм показав, що зварні шви є щільними і не мають грубих дефектів типу тріщин, непроварів, пор. Геометричні розміри швів ( $B$  – ширина шва з лицевої поверхні з'єднань (технологічне посилення),  $b$  – ширина шва зі зворотної поверхні з'єднань (кореня шва),  $H$  – висота опуклості технологічного посилення,

$h$  – висота опуклості кореня шва,  $\delta$  – товщина заготовки) вимірювали електронним штангенциркулем «АРТ – 34460-150» з точністю 0,01 мм. За даними табл. 2 ширина досліджуваних швів має близькі значення, а невелика різниця, яка спостерігається при цьому, може бути зумовлена впливом гравітаційної складової, що діє на металеву ванну під час зварювання стиків при різних кутах їх нахилу відносно горизонтальної поверхні.

За умови застосування ПФЕ при зварюванні стиків модульованим імпульсним струмом в горизонтальній площині (кут нахилу стиків  $0^\circ$ ) ширина швів становить 10,55 мм, а без використання технологічної підкладки – 10,20 мм. Зварювання стиків під кутом нахилу до  $30^\circ$  відносно горизонталі викликає збільшення ширини швів до

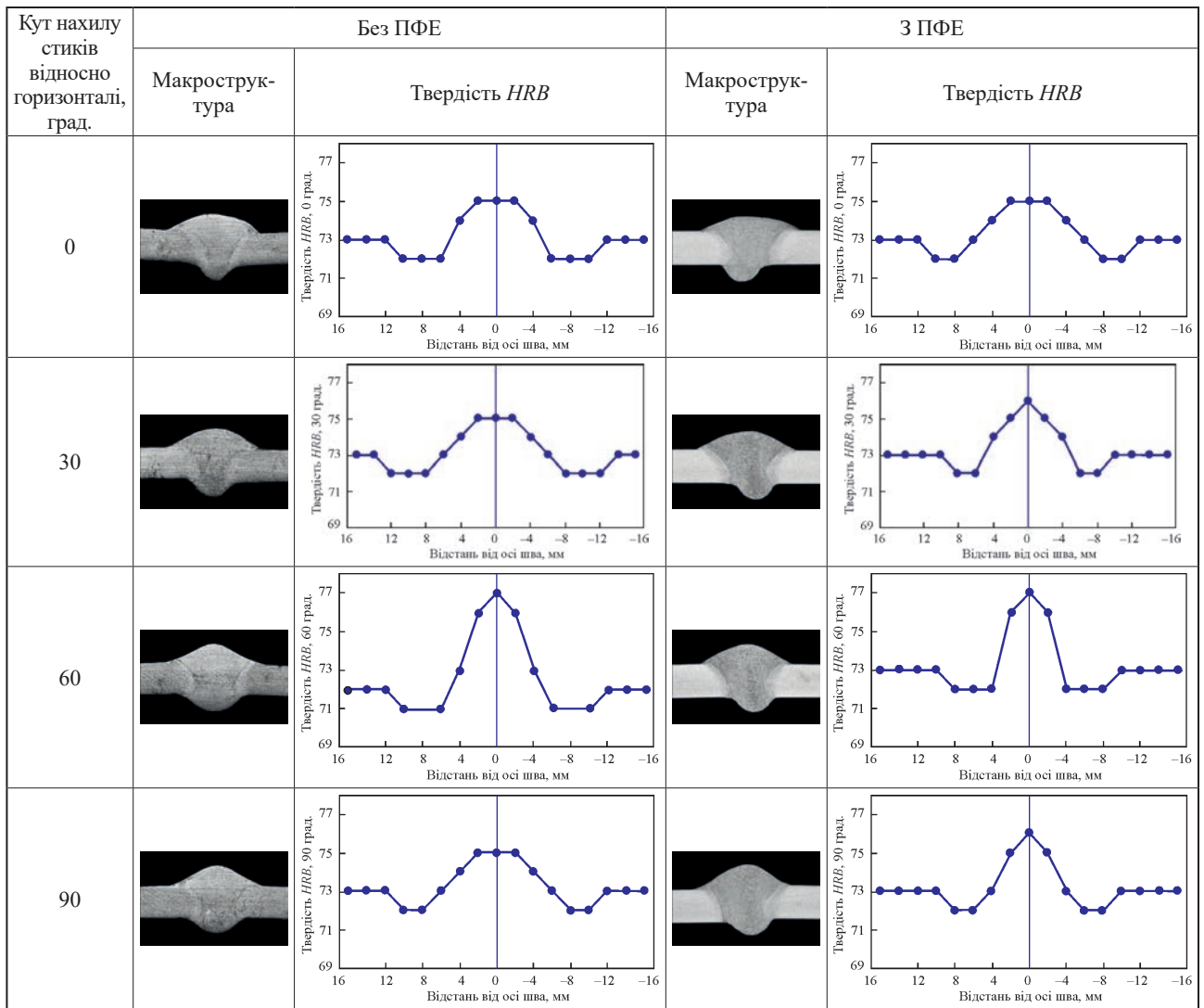


Рис. 3. Макроструктура та твердість зварних з'єднань сплаву АМг5М товщиною 4 мм, отриманих у різних просторових положеннях плавким електродом на швидкості зварювання 23 м/год без застосування ПФЕ та при використанні ПФЕ

11,65 мм, а без підкладки зменшення до 9,96 мм. У випадку, коли зварювання стиків здійснювали з ПФЕ під кутом 60°, ширина становила 11,40 мм, а без ПФЕ – 9,74 мм. При зварюванні стиків у вертикальному положенні, тобто під кутом 90° відносно горизонталі, ширина швів складала, відповідно, 10,74 та 10,12 мм.

Ширина кореня швів при цьому мала наступні значення: при зварюванні в горизонтальній площині (кут 0°) становить 4,58 мм без використання ПФЕ та 5,9 мм з ПФЕ. В положенні стиків під кутом 30° відносно горизонталі ширина кореня складала, відповідно, 5,24 та 4,84 мм. При розташуванні стиків під кутом 60° ширина кореня шва, виконаного без ПФЕ – 6,96 мм, а з ПФЕ – 4,84 мм. В умовах вертикального зварювання стиків (90° відносно горизонталі) – 6,62 та 5,21 мм, відповідно.

Показник твердості металу, який відображає його чутливість до термічного циклу зварювання, у з'єднаннях сплаву АМг5М товщиною 4 мм вимірювали твердоміром за загальноприйнятою

стандартною методикою (ГОСТ 9012-59 Твердість по Роквеллу). Залежність значень даного показника від кута нахилу стиків надано на рис. 3. Як показує аналіз результатів вимірювання твердості, використання дроту ЗвАМг6 з більшим вмістом магнію (6,0 %) забезпечує підвищення твердості металу швів порівняно з основним металом сплаву АМг5М. На значення показника майже не впливає кут розташування стиків при зварюванні. Рівень твердості співпадає з основним металом у стані відпалу і становить (HRB 72...73). Твердість у центральній зоні шва вища на 3...4 од. за твердість в ЗТВ та основного металу. Це пояснюється позитивним впливом зварного присадкового дроту. Твердість металу швів, виконаних у горизонтальному положенні (0°) на підкладці та без неї однакова та становить 75 од. Показник твердості швів, зварених у положенні 30°, становить 75 од. без використання ПФЕ та 77 од., коли застосовують ПФЕ. При розташуванні стиків під кутом 60°, твердість дорівнює в обох випадках 77 од.



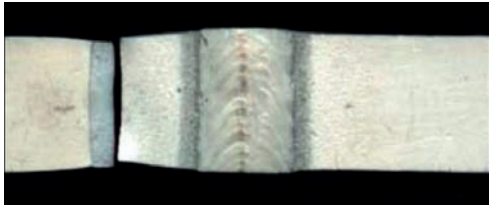
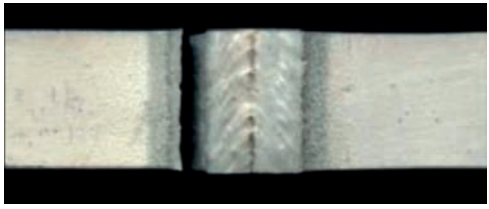

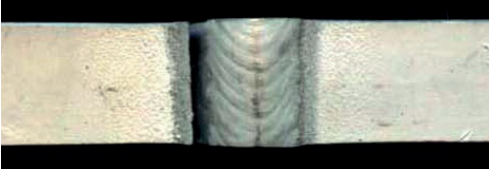

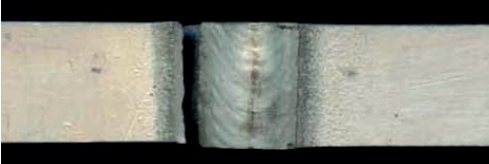
Кут нахилу стиків відносно горизонтальної площини, град.	Без використання ПФЕ	З використанням ПФЕ
0		
30		
60		
90		

Рис. 4. Характер руйнування зварних з'єднань сплаву АМг5М товщиною 4 мм, отриманих ІДЗПЕ у різних просторових положеннях, з ПФЕ та без нього

Зварювання стиків у вертикальному положенні (90°) без ПФЕ забезпечує твердість швів на рівні 75 од., а з ПФЕ – 76 од. Протяжність ЗТВ в умовах зварювання в горизонтальній площині становить 24 мм, включаючи шов, незалежно від використання ПФЕ. Зміна просторового положення від 0 до 90° викликає зменшення протяжності ЗТВ до 20 мм в стиках, виконаних у технологічному варіанті із застосуванням ПФЕ. У разі зварювання під кутом 30° відносно горизонталі без застосування підкладки розмір ЗТВ становить 28 мм. При зміні просторового положення з 60 до 90°, коли зварювання виконували без використання ПФЕ, протяжність ЗТВ зменшувалася та складала 24 мм, включаючи шов.

Показники міцності зварних з'єднань ( $\sigma_B^{зв.з.}$ ) встановлювали на стандартних зразках з технологічним посиленням на лицевій поверхні шва та з видаленим коренем шва. Міцність металу шва ( $\sigma_B^{м.ш.}$ ) визначали на зразках без посилення та кореня шва (ГОСТ 6996-66). Руйнування зразків зварних з'єднань відбувалося в основному металі, а також в зоні термічного впливу біля лінії сплавлення, що свідчить про зниження міцності металу в умовах нагрівання (рис. 4). За результатами ана-

лізу (табл. 3) шви зварних з'єднань, отримані без ПФЕ в горизонтальному положенні, мають міцність 280,0 МПа, а при використанні – 299,3 МПа. Міцність з'єднань, виконаних в положенні під кутом 30°, становила 285,0 та 294,8 МПа, відповідно. У випадку, коли зварювання виконують під кутом 60°, міцність з'єднань складає 291,3 та 279,8 МПа, а у вертикальному положенні (90°) значення міцності становить 282,0 МПа без ПФЕ та 280,4 МПа з ПФЕ. Коефіцієнт міцності зварних з'єднань ( $K_B^{зв.з.}$ ), отриманих у різних просторових положеннях, складав 0,89...0,95, коли зварювання виконували без ПФЕ, та 0,92...0,98, коли з ПФЕ (табл. 3).

Показник пластичності (кут згину  $\alpha$ ) зварних з'єднань оцінювали в умовах триточкового згину з прикладенням робочого навантаження зі сторони кореня шва. Технологічне посилення та корінь шва, відповідно, були механічно видалені згідно до вимог ГОСТ 6996-66. Для порівняння показник деформаційної здатності визначали на зразках основного металу. За результатами аналізу (табл. 3) з'єднання, які були зварені в горизонтальному положенні, мають наступні значення пластичності: без ПФЕ – 85°, а при наявності ПФЕ – 129°. Після зварювання стиків в положенні 30° без використання ПФЕ показник

Таблиця 3. Вплив підкладного формуючого елемента та просторових положень стиків сплаву АМг5М товщиною 4 мм на механічні властивості зварних з'єднань

Показники механічних властивостей зварних з'єднань	Без використання ПФЕ				З використанням ПФЕ			
	Кут зварювання, град.							
	0	30	60	90	0	30	60	90
$\sigma_{\text{в}}^{\text{зв.з}}$ , МПа	<u>276,2...287</u> 280,0	<u>283,0...286,1</u> 285,0	<u>288,0...297,0</u> 291,3	<u>269...290</u> 282	<u>297,0...301,0</u> 299,3	<u>291,9...300,3</u> 294,8	<u>264,3...293,3</u> 279,8	<u>267,0...291,6</u> 280,4
$\sigma_{\text{в}}^{\text{м.ш}}$ , МПа	<u>268,8...294,4</u> 282,7	<u>280,2...285,1</u> 282,1	<u>274,0...284,0</u> 280,2	<u>269...278</u> 272,8	<u>287,3...289,4</u> 288,0	<u>285,0...285,0</u> 285,0	<u>271,0...284,0</u> 278,6	<u>277,0...281,9</u> 278,8
$\alpha$ , град.	<u>78...89</u> 85	<u>107...110</u> 105	<u>93...116</u> 103	<u>106...126</u> 113	<u>128...130</u> 129	<u>125...130</u> 127	<u>104...108</u> 106	<u>97...98</u> 98
$K_{\text{в}}^{\text{зв.з}}$	0,92	0,93	0,95	0,92	0,98	0,97	0,92	0,92
$K_{\text{в}}^{\text{м.ш}}$	0,93	0,92	0,92	0,89	0,94	0,93	0,91	0,91

Примітка. 1. Механічні властивості сплаву АМг5М:  $\sigma_{\text{в}}^{\text{зв}} = 305$  МПа,  $\sigma_{0,2}^{\text{зв}} = 180$  МПа,  $\delta = 20\%$ ,  $\alpha = 180^\circ$ . 2.  $K_{\text{в}}^{\text{зв.з}}$  – коефіцієнт міцності зварного з'єднання металу шва.  $K_{\text{в}}^{\text{зв.з}} = \sigma_{\text{в}}^{\text{зв}} / \sigma_{\text{в}}^{\text{осн.м.}}$  відповідно, коефіцієнт міцності металу шва  $K_{\text{в}}^{\text{м.ш}} = \sigma_{\text{в}}^{\text{м.ш}} / \sigma_{\text{в}}^{\text{осн.м.}}$ .

пластичності дорівнює  $105^\circ$ , а при його використанні –  $127^\circ$ . У випадку, коли зварювання відбувається без ПФЕ в положенні стиків під кутом  $60^\circ$ , пластичність з'єднань становить  $103^\circ$ . Зварювання стиків з використанням ПФЕ майже не впливає на значення показника пластичності ( $106^\circ$ ). При зварюванні у вертикальному положенні стиків (під кутом  $90^\circ$ ), коли ПФЕ не застосовували, пластичність з'єднань складала  $113^\circ$ , а в разі застосування –  $98^\circ$ . Порівняно з основним металом ( $\alpha = 180^\circ$ ) значення пластичності з'єднань нижчі у всіх досліджуваних з'єднаннях, але при цьому слід відмітити наступне. Зварювання сплаву АМг5М без використання ПФЕ зумовлює пропорційне зростання рівня пластичності у міру збільшення кута просторового положення стиків: 85, 105, 103,  $113^\circ$ . Якщо при зварюванні застосовується ПФЕ, то відмічається зворотна залежність – показник пластичності зменшується – 129, 127, 106,  $98^\circ$ , відповідно, зберігаючи достатньо високий рівень.

Дослідження макроструктури зварних швів показало, що вони щільні, характеризуються наявністю зернистої структури. Грубої недопустимої пористості в структурі швів та зони сплавлення не спостерігається. Морфологія структури литого металу швів однакова, незалежно від значення кута нахилу стиків при зварюванні (див. рис. 3). Температурний діапазон нагрівання металу під час зварювання сплаву АМг5М викликає характерне утворення структурних зон: шва, зони сплавлення металу шва з основним металом та ЗТВ. Остання суттєво впливає на властивості та характер руйнування зварних з'єднань.

**Висновки**

1. Отримано додаткові дані щодо особливостей формування швів під час імпульсно-дугового зварювання у різних просторових положеннях сплаву АМг5М товщиною 4 мм плавким електродом на швидкості 23 м/год з використанням підкладного формуючого елемента (ПФЕ) та без нього. Вста-

новлено, що процес зварювання плавким електродом без ПФЕ незалежно від кута нахилу стиків відносно горизонтальної площини забезпечує належні умови формування якісних швів сплаву та суттєво не впливає на рівень міцності з'єднань. Наявність ПФЕ збільшує в середньому на 4...12 % геометричні розміри швів, зварених плавким електродом в залежності від просторового положення стиків.

2. Встановлені особливості формування структури зварних з'єднань сплаву АМг5М у різних просторових умовах дозволяють рекомендувати до застосування в монтажних умовах процес зварювання плавким електродом різноманітних корпусних алюмінієвих конструкцій без застосування ПФЕ. Це зумовлено тим, що зварні шви мають макроструктуру, яка ідентична швам, отриманим з використанням ПФЕ. В обох випадках шви не мають грубих недопустимих дефектів у вигляді крупних пор, тріщин, несцільностей, оксидних включень. Експериментальні результати наглядно демонструють, що для забезпечення належної якості швів і високого рівня експлуатаційних властивостей застосування ПФЕ не є обов'язковим при зварюванні алюмінієво-магнієвих сплавів плавким електродом у різних просторових положеннях стиків. Даний процес ІДЗПЕ можна рекомендувати для роботи у монтажних умовах без застосування ПФЕ, використовуючи оптимальні параметри режимів зварювання на відповідних кутах нахилу конструкційних елементів, без зниження якісних показників зварних з'єднань.

**Список літератури**

1. Андреев С.Б., Головаченко В.С., Гобач В.Д., Руссо В.А. (2006) *Основы сварки судовых конструкций*. Санкт-Петербург, Судостроение.
2. Колпаков И.Н., Осокин Е.П., Павлова В.И., Ушков С.С. (2006) Конструкционные алюминиевые материалы в судостроении. (ДРГУП ЦНИИ КМ «Прометей»). *ТЛС*, 1-2, 73–80.
3. Ищенко А.Я., Лабур Т.М., Бернадский В.Н., Маковецкая О.К. (2006) *Алюминий и его сплавы в современных сварных конструкциях*. Киев, Экотехнология.

4. Лабур Т.М., Жерносеков А.М., Яворская М.Р., Пашуля М.П. (2013) Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом алюминиевых сплавов с регулируемой формой импульсов. *Сварочное производство*, II, 3–7.
5. ДСТУ EN ISO 10042:2015 ( EN ISO 10042:2005, TDT:ISO10042:2005, IDT) Зварювання. З'єднання з алюмінію та його сплавів, виконані дуговим зварюванням. Рівні якості залежно від дефектів.
6. Лабур Т.М., Гаврилюк Ю.М., Пашуля М.П., Яворская М.Р. (2014) Влияние технологии сварки на структуру и физико-механические свойства соединений алюминиевого сплава АМг5М. «Механика разрушения материалов и прочность конструкций»: сб. науч. тр. 5-й Международ. конф. (24–27.06.2014, Львов). ФМИ НАН Украины, сс. 457–461.
2. Kolpakov, I.N., Osokin, E.P., Pavlova, V.I., Ushkov, S.S. (2006) Structural aluminium materials in shipbuilding. TsNII Prometej. *TLS*, 1-2, 73-80 [in Russian].
3. Ishchenko, A.Ya., Labur, T.M., Bernadsky, V.N., Makovetskaya, O.K. (2006) *Aluminium and its alloys in modern welded structures*. Kiev, Ekotekhnologiya [in Russian].
4. Labur, T.M., Zhernosekov, A.M., Yavorskaya, M.R., Pashulya, M.P. (2013) Consumable electrode pulsed-arc welding of aluminium alloys with regulated pulse shape. *Svarochn. Proizvodstvo*, II, 3–7 [in Russian].
5. DSTU EN ISO 10042:2015 ( EN ISO 10042:2005, TDT:ISO10042:2005, IDT) *Welding. Arc-welded joints in aluminium and its alloys. Quality levels for imperfections* [in Ukrainian].
6. Labur, T.M., Gavrilyuk, Yu.M., Pashulya, M.P., Yavorskaya, M.R. (2014) *Influence of welding technology on structure and physical-mechanical properties of joints of AMg5M aluminium alloy*. In: *Proc. of 5th Int. Conf. on Fracture Mechanics of Materials and Strength of Structures* (Ukraine, Lvov, 24–27.06.2014). PMI, 457–461 [in Russian].

## References

1. Andreev, S.B., Golovachenko, V.S., Gobach, V.D., Russo, V.A. (2006) *Fundamentals of welding of ship structures*. St.-Petersburg, Sudostroenie [in Russian].

## WELD FORMATION IN CONSUMABLE ELECTRODE WELDING OF BUTT JOINTS OF AMG5M ALUMINIUM ALLOY IN SITE WITH A FORMING BACKING ELEMENT AND WITHOUT IT

T.M. Labur, M.R. Javorska, V.A. Koval

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 paper presents the results of studying the features of weld formation at consumable electrode pulsed-arc welding of 4 mm AMg5M alloy in different positions at the speed of 23 m/h. with forming backing element (FBE) and without it. It is shown that sound welds form irrespective of the angle of butt joint inclination relative to the horizontal plane. FBE presence increases the geometrical dimensions of weld made with consumable electrode by 4 – 12% on average, depending on the position of butt joints. Obtained data clearly demonstrates the possibility of achieving the required quality of welds and high level of mechanical properties in consumable electrode welding of aluminium-magnesium alloys at different positions of the butt joints without FBE application. 6 Ref., 3 Tabl., 4 Fig.

*Keywords: aluminium alloy, argon-arc welding, consumable electrode, filler wire, butt joint positions, forming backing element, welded joints, welds, solidification, structure, mechanical properties*

Надійшла до редакції 10.03.2021

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

# II МІЖНАРОДНА КОНФЕРЕНЦІЯ НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ та МОНІТОРИНГ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

6–10 вересня 2021

Одеса, Аркадія, готель «Аркадія»

Генеральний спонсор  
ПрАТ «УкрНДІНК»



Офіційний спонсор  
ТОВ «НВФ «Діагностичні  
прилади»



ОРГАНІЗАТОР КОНФЕРЕНЦІЇ  
Міжнародна Асоціація «Зварювання»  
вул. Казимира Малевича 11, м. Київ, 03150  
тел. +38 (044) 200-82-77, (050) 352-73-50  
journal@paton.kiev.ua  
posypaiko.yurii@gmail.com  
<http://pwi-scientists.com/ukr/nktd2021>