

Анатолій Жерносков¹, Віктор Федорчук², Олег Новомлинець³

¹доктор технічних наук, старший науковий співробітник,
завідувач відділу імпульсних процесів і технологій дугового зварювання
Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України (Київ, Україна)
E-mail: zhernosekov@paton.kiev.ua. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6404-2221>
Scopus Author ID: [6506774085](https://orcid.org/0000-0002-6404-2221)

²кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник відділу фізико-металургійних процесів зварювання легких металів та сплавів
Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України (Київ, Україна)
E-mail: vicf@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9929-3231>
ResearcherID: [W-1322-2017](https://orcid.org/0000-0002-9929-3231). Scopus Author ID: [6701617519](https://orcid.org/0000-0002-9929-3231)

³доктор технічних наук, доцент, професор кафедри технологій зварювання та будівництва, ректор
Національний університет «Чернігівська політехніка» (Чернігів, Україна)
E-mail: oon1@ukr.net. ORCID: [http://orcid.org/0000-0002-0774-434X](https://orcid.org/0000-0002-0774-434X)
ResearcherID: [F-8166-2014](https://orcid.org/0000-0002-0774-434X). Scopus Author ID: [56938958300](https://orcid.org/0000-0002-0774-434X)

**УПРАВЛІННЯ ПАРАМЕТРАМИ ІМПУЛЬСІВ СТРУМУ
ПРИ ЗВАРЮВАННІ ПЛАВКИМ ЕЛЕКТРОДОМ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ**

Проведені дослідження щодо управління параметрами та формою струму при імпульсно-дуговому зварюванні алюмінієвих сплавів плавким електродом в інертному газі. Розробка сучасного електрозварювального устаткування, у тому числі джерел живлення дуги плавкого електрода, дозволить суттєво підвищити ефективність процесу. Особливість застосування такого обладнання пояснюється виникненням багатьох комбінованих та гібридних технологій зварювання із застосуванням імпульсної дуги плавкого електрода, наприклад, лазерно-дугових, плазмово-дугових. Одержані залежності можуть бути використані для розробки синергетичного устаткування для імпульсно-дугових процесів.

Ключові слова: дугове зварювання; плавкий електрод; алюмінієві сплави; імпульси струму; управління; джерела живлення.

Табл.: 1. Рис.: 5. Бібл.: 11.

Актуальність теми дослідження. Імпульсно-дугове зварювання (ІДЗ) плавким електродом посідає одне з провідних місць з-поміж дугових способів при виготовленні конструкцій з алюмінієвих сплавів [1; 2], зокрема різних просторових положеннях виробів відповідального призначення. Кероване імпульсно-дугове перенесення металу електродного дроту є кращим з погляду підвищення коефіцієнта розплавлення електродного металу. Краплі розплавленого металу електродного дроту, при правильному підборі параметрів імпульсів, мають малий діаметр, не деформуються, випаровування з їх поверхні мінімальне, а перехід легуючих елементів з електродного дроту у зварювальну ванну максимальний. Тому актуальними залишаються питання поліпшення ефективності імпульсно-дугового зварювання шляхом створення нового устаткування з розширеними можливостями управління параметрами процесу.

Постановка проблеми. Стрімкий розвиток сучасного матеріалознавства потребує комплексного вирішення проблем щодо з'єднання матеріалів. Сплави на основі алюмінію були одними з перших, де імпульсно-дугове зварювання плавким електродом в інертних газах знайшло застосування. У порівнянні з аргонодуговим зварюванням неплавким електродом тут більш повно відбувається руйнування окисної плівки, відсутні вольфрамові включення. Такі переваги способу, як можливість зварювання в усіх просторових положеннях при виконанні монтажних швів (кероване крапельне перенесення металу електрода), зменшення тепловкладання в метал зварного шва за рахунок низького значення середнього струму зварювання, а також підвищення швидкості зварювання дозволили активно впроваджувати імпульсно-дугове зварювання плавким електродом в інертних газах алюмінієвих конструкцій різного призначення. Розробка сучасного електрозварювального устаткування, у тому числі джерел живлення дуги плавкого електрода дозволить суттєво підвищити ефективність процесу. Особливість застосування такого обладнання пояснюється також виникненням багатьох комбінованих та гібридних технологій зварювання із застосуванням імпульсної дуги плавкого електрода, наприклад, лазерно-дугових, плазмово-дугових [2-4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Переваги імпульсно-дугового зварювання плавким електродом дозволили активно впровадити цей спосіб при зварюванні сплавів алюмінію в різні галузі промисловості від суднобудування до ракетобудування [2]. Широко застосовується імпульсно-дугове зварювання на суднобудівних верфях США, ФРН, Австралії. У японській суднобудівній промисловості з використанням ІДЗ конструкцій зі сплавів на основі алюмінію виготовляють судна для перевезення природних зріджених газів, легкі пасажирські судна, високошвидкісні човни, буї, палуби катамаранів, а також судна на повітряній подушці. Продовжуються дослідження щодо розвитку технологій імпульсно-дугового зварювання в дугових та плазмово-дугових процесах [5-10].

Проте залишається необхідність подальшого розвитку та удосконалення цього способу за рахунок управління параметрами процесу та розробці нового електротехнічного устаткування, зокрема джерел живлення імпульсної дуги.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Проблема впливу форми імпульсів та їхніх параметрів на зварні шви і з'єднання при дуговому зварюванні плавким електродом залишається не вивченою. Це пов'язано як комерційними міркуваннями (ноу-хау), так і з широким розвитком мікропроцесорних систем управління для зварювального устаткування.

В інституті ім. Є. О. Патона НАН України накопичений досвід щодо устаткування та технології імпульсно-дугового зварювання плавким електродом у захисних газах. Розроблені джерела імпульсного струму дуги різного класу, у тому числі з можливостями зміни форми зварювального струму [11]. Такі джерела дозволяють на етапі розробки технологій зварювання ефективніше використовувати можливості управління та впливу параметрів імпульсів на кінцевий об'єкт.

Метою дослідження є розширення технологічних режимів імпульсно-дугового зварювання плавким електродом в інертних газах алюмінієвих сплавів за рахунок управління формою та параметрами імпульсів струму.

Виклад основного матеріалу. Було проведено дослідження щодо управління параметрами та формою зварювального струму на алюмінієвих сплавах марки АМг-6, 1201 та 2219. Застосовувались джерела живлення, які розроблені в ІЕЗ ім. Є. О. Патона та забезпечують регулювання форми імпульсів струму, у яких розділені процеси плавлення та перенесення металу електродного дроту [11]. На рис. 1, а представлені осцилограма форми імпульсів зварювального струму $i(t)$ та імпульсів напруги на дузі $u(t)$ при зварюванні алюмінієвого сплаву 2219, а на рис. 1, б форма імпульсів при зварюванні сплаву АМг-6.

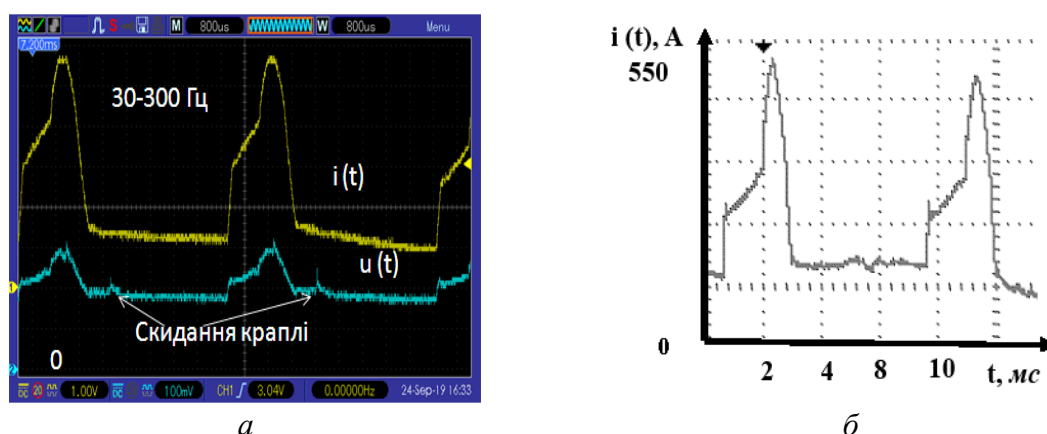


Рис. 1. Осцилограма зварювального струму $i(t)$ та напруги на дузі $u(t)$ імпульсно-дугового зварювання алюмінієвого сплаву 2219 системи Al-Cu, дріт Св-2319 діаметром 1,6 мм. $I_{сер.} = 180...190$ А, $U_{сер.} = 26$ В, $f = 140$ Гц, $\tau = 2, 2$ мс (а) та осцилограма зварювального струму $i(t)$ імпульсно-дугового зварювання алюмінієвого сплаву АМг-6, дріт Св-АМг6 діаметром 1,2 мм, $I_{сер.} = 160$ А $U_{сер.} = 18...18,5$ В (б)

На рис. 2 представлено фото наплавочних валиків на пластину алюмінієвого сплаву 2219 завтовшки 10 мм дротом Св-2319 діаметром 1,6 мм.



Рис. 2. Макрошліф (а) та зовнішній вигляд (б) валика наплавлення без механічного очищення (зі шпінелями), виконаного імпульсно-дуговим зварюванням дротом марки 2319 на пластині зі сплаву 2219 завтовшки 10 мм

Режими автоматичного імпульсного-дугового зварювання плавким електродом алюмінієвого сплаву 2219 завтовшки 10 мм показано в таблиці.

Таблиця – Режими автоматичного імпульсно-дугового зварювання плавким електродом алюмінієвого сплаву 2219 завтовшки 10 мм

№ режиму	Діаметр електродного дроту, мм	Величина зварювального струму, А	Швидкість подавання дроту, м/год	Швидкість зварювання, м/год	Напруга на дузі, В	Частота імпульсів на дузі, Гц	Затрати аргону, л/хв
1	1,6	180...190	309	30	26	140	24...25
2	1,6	180...190	309	25	26...27	140	24...25
3	1,6	170...180	309	20	28	140	24...25
4	1,6	180...190	309	35	26	140	24...25
5	1,6	130...140	206	25	26	100	24...25

Застосування імпульсного джерела живлення з регульованою ступінчастою формою імпульсів дало змогу здійснювати імпульсний процес дугового зварювання плавким електродом на режимах з частотою імпульсів зварювального струму 100 і 140 Гц відповідно. Було встановлено, що використання режиму з частотою імпульсів 140 Гц забезпечує підвищення стабільності процесу зварювання, а також якості отриманих зварних з'єднань, це пояснюється покращенням переносу розплавленого електродного металу у зварювальну ванну. Він стає дрібно-крапельним (перенос металу стає максимально наближеним до струменевого), що у свою чергу позитивно впливає на геометрію зварного з'єднання, зменшує лускатість технологічного підсилення шва та знижує рівень пористості металу швів (рис. 3).

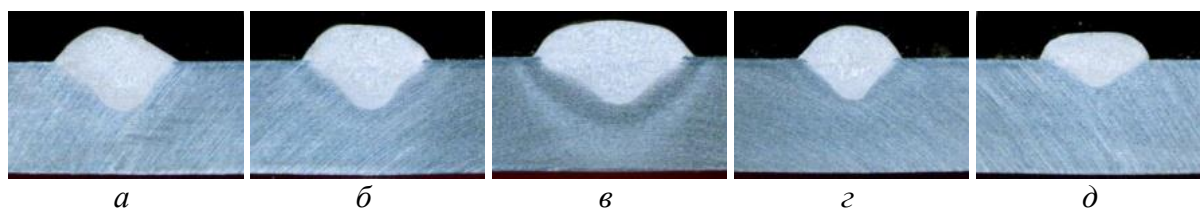


Рис. 3. Макроструктура наплавлень алюмінієвого сплаву 2219 товщиною 10 мм, отриманих при різних режимах імпульсно-дуговим зварюванням плавким електродом відповідно до таблиці: а – режим 1; б – режим 2; в – режим 3; г – режим 4; д – режим 5

У результаті проведених робіт отримано технологічні режими імпульсно-дугового зварювання алюмінієвого сплаву 2219 завтовшки 10 мм системи Al-Cu, які забезпечують повторюваність отримання щільних званих з'єднань зі стабільними геометричними параметрами зварного шва, без утворення гарячих тріщин, пор, підрізів та із задовільною лускатістю технологічного підсилення. При цьому встановлено, що для отримання оптимальних параметрів швів необхідно виконувати зварювання на частоті 140 Гц та швидкості зварювання 25-35 м/год.

Проведено також експериментальні дослідження технологічних можливостей способу імпульсно-дугового зварювання плавким електродом алюмінієвих сплавів 1201 за рахунок регулювання параметрів імпульсів зварювального струму і його форми. На рис. 4, 5 представлено взаємозв'язок між основними параметрами імпульсів струму при зварюванні сплаву 1201 товщиною 4 мм дротом 1201 діаметром 1,6 мм в аргоні.

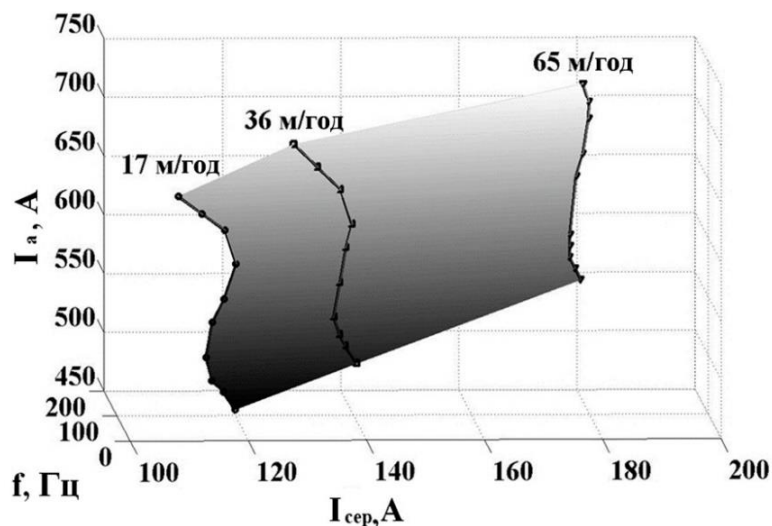


Рис. 4. Зміна параметрів при імпульсно-дуговому зварюванні алюмінієвого сплаву 1201 в аргоні. Тривалість імпульсів 2,2 мс. Середня напруга дуги та швидкість подачі дроту для швидкостей зварювання ($V_{зв}$): 17 м/год – 19,0...19,5 В ($V_{п.др} = 212$ м/год); 36 м/год – 19,5...20,0 В ($V_{п.др} = 295$ м/год); 65 м/год – 21,5...22,0 В ($V_{п.др} = 330$ м/год)

На рис. 4 наведені залежності середнього значення струму зварювання ($I_{сep}$) від частоти імпульсів (f) і їхньої амплітуди (I_a). На рис. 5 наведені залежності параметрів середнього значення струму зварювання ($I_{сep}$) від частоти імпульсів і швидкості подачі зварювального дроту ($V_{п.др}$) при різних тривалостях імпульсів.

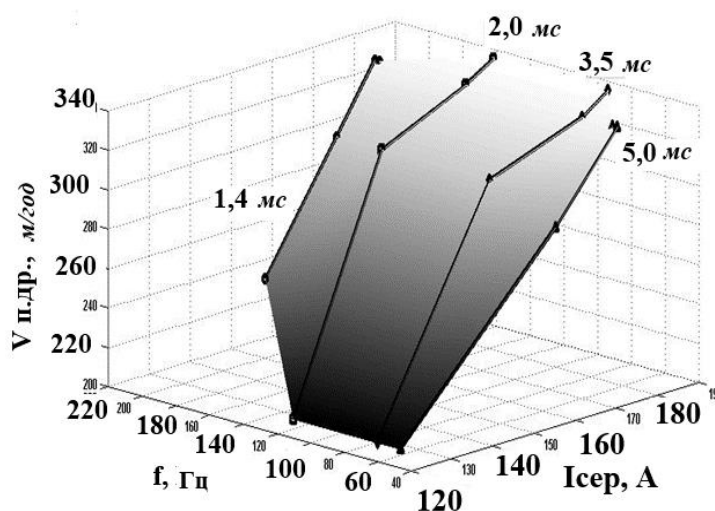


Рис. 5. Зміна параметрів при імпульсно-дуговому зварюванні алюмінієвого сплаву 1201 в аргоні. Швидкість зварювання становила при середній напрузі дуги ($U_{сep}$): 17 м/год – ($I_{сep} = 120...130$ А; $U_{сep} = 20...21$ В); 36 м/год – ($I_{сep} = 150...160$ А; $U_{сep} = 21...22$ В); 55 м/год – ($I_{сep} = 170...180$ А; $U_{сep} = 21,5...22,5$ В); 65 м/год – ($I_{сep} = 180...190$ А; $U_{сep} = 22...23$ В)

Висновки. 1. Імпульсно-дугове зварювання плавким електродом займає провідне місце серед дугових способів зварювання. Воно є основою багатьох сучасних комбінованих та гібридних технологій, наприклад, лазерно-дугових, плазмово-дугових.

2. Актуальними є дослідження щодо впливу форми імпульсів струму та їх параметрів на ефективність процесу дугового зварювання, зокрема алюмінієвих сплавів.

3. Проведено експериментальні дослідження щодо управління параметрами імпульсів (тривалість, частота, амплітуда) зварювального струму і його форми. Одержані залежності можуть бути використані для розробки синергетичного устаткування для імпульсно-дугових процесів. Таке устаткування дозволить розширити діапазони регулювання параметрів імпульсів при зварюванні широкого спектра алюмінієвих сплавів різних систем легування в різних просторових положеннях та дозволить використовувати його в гібридних технологіях.

Список використаних джерел

1. Ищенко А. Я. Сварка современных конструкций из алюминиевых сплавов / А. Я. Ищенко, Т. М. Лабур. – К. : Наукова думка, 2013. – 416 с.
2. Жерносеков А. М. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом (Обзор) / А. М. Жерносеков, В. В. Андреев // Автоматическая сварка. – 2007. – № 10. – С. 48-52.
3. Ках П. Особенности применения гибридной лазерно-дуговой сварки (Обзор) / П. Ках, А. Салминен, Дж. Мартикаинен // Автоматическая сварка. – 2010. – № 6. – С. 38-47.
4. Гібридне зварювання алюмінієвих сплавів 1561 та 5083 з використанням плазмової дуги і дуги плавкого електрода (Plasma-MIG) / О. А. Бабич, В. М. Коржик, А. А. Гринюк, В. Ю. Хаскін, Chunlin Dong, Shanguo Han // Автоматичне зварювання. – 2020. – № 7. – С. 13-24. – DOI: <https://doi.org/10.37434/as2020.07.02>.
5. Lee Hee-Keun. Effect of plasma current on surface defects of plasma-MIG welding in cryogenic aluminum alloys / Lee Hee-Keun, Park Sang-Hyeon, Kang Chung-Yun // Journal of Materials Processing Technology. – 2015. – № 223. – Pp. 203–215. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2015.04.008>.
6. Application of pulse plasma MIG welding process to Al/steel dissimilar joining / Sarizam Bin Mamat, Shinichi Tashiro, Mohamad Najmi Masri, Seong Min Hong, Hee-Seon Bang & Manabu Tanaka // Welding in the World. – 2020. – № 64 (5). – Pp. 857–871. – DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s40194-020-00879-2>.
7. Вплив режимів імпульсно-дугового зварювання на зміну параметрів шва і ЗТВ зварних з'єднань та механічні властивості низьколегованих сталей / А. В. Завдовєєв, В. Д. Позняков, С. Л. Жданов, М. Rogante, Т. Baudin // Автоматичне зварювання. – 2020. – № 12. – С. 23-29. – DOI: <https://doi.org/10.37434/as2020.12.03>.
8. Лабур Т. М. 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. Яворськ, В. А. Коваль // Автоматичне зварювання. – 2021. – № 4. – С. 29-35. – DOI: <https://doi.org/10.37434/as2021.04.05>.
9. Оптимізація за розрахунковим методом режимів імпульсно-дугового зварювання з використанням високолегованого зварювального матеріалу / А. В. Завдовєєв, В. Д. Позняков, О. А. Гайворонський, А. М. Денисенко, Т. Baudin // Автоматичне зварювання. – 2021. – № 4. – С. 10-15. – DOI: <https://doi.org/10.37434/as2021.04.02>.
10. Лабур Т. М. Вплив швидкості імпульсно-дугового зварювання на структуру та властивості з'єднань алюмінієвого сплаву АМг5М, отриманих у різних просторових положеннях стиків / Т. М. Лабур, М. Р. Яворськ, В. А. Коваль // Автоматичне зварювання. – 2021. – № 9. – С. 31-37. – DOI: <https://doi.org/10.37434/as2021.09.05>.
11. Вплив форми струму зварювання на властивості з'єднань алюмінієвих сплавів / А. М. Жерносеков, В. Є. Федорчук, Г. П. Кисла, В. А. Коваль, Ю. В. Фальченко // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2022. – № 2. – С. 12-19.

References

1. Ischenko, A.Y., & Labur, T.M. (2013). *Svarka sovremennykh konstruktsey iz aluminievyykh splavov [Welding of modern structures made of aluminum alloys]*. Naukova dumka.
2. Zhernosekov, A.M., Andreev, V.V. (2007). Impulsno-dugovaya svarka plaviashchimsia elektrodom (Obzor) [Pulsed metal arc welding (Review)]. *Avtomaticheskaya svarka – The Paton Welding Journal*, (10), 48–52.
3. Kah, P., Salminen, A., & Martikainen, J. (2010). Osobennosti primeneniya gibruidnoi lazernoduhovoi svarky (Obzor) [Features of the use of laser-arc hybrid welding processes (Review)]. *Avtomaticheskaya svarka – The Paton Welding Journal*, (6), 38–47.
4. Babych, O.A., Korzhyk, V.M., Grynyuk, A.A., Khaskin, V.Yu., Chunlin Dong, & Shanguo Han. (2020). Hibrydne zvariuvannia aliuminiievyykh splaviv 1561 ta 5083 z vykorystanniam plazmovoi duhy i duhy plavkoho elektroda (Plasma-MIG) [Hybrid welding of aluminium 1561 and 5083 alloys using Plasma-arc and consumable electrode arc (plasma-MIG)]. *Avtomaticheskaya svarka – The Paton Welding Journal*, (7), 11-22. <https://doi.org/10.37434/tpwj2020.07.02>.
5. Lee Hee-Keun, Park Sang-Hyeon, & Kang Chung-Yun. (2015). Effect of plasma current on surface defects of plasma-MIG welding in cryogenic aluminum alloys. *Journal of Materials Processing Technology*, (223), 203–215. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2015.04.008>.
6. Sarizam Bin Mamat, Shinichi Tashiro, Mohamad Najmi Masri, Seong Min Hong, Hee-Seon Bang & Manabu Tanaka. (2020). Application of pulse plasma MIG welding process to Al/steel dissimilar joining. *Welding in the World*, (64(5)), 857–871. <http://dx.doi.org/10.1007/s40194-020-00879-2>.
7. Zavdoveev, A.V., Poznyakov, V.D., Zhdanov, S.L., Rogante, M., & Baudin, T. (2020). Vplyv rezhymiv impulsno-duhovoho zvariuvannia na zminu parametriv shva i ZTV zvarnykh ziednan ta mekhanichni vlastyvoli nyzkolehovanykh stalei [Influence of pulsed-arc welding conditions on change of parameters of weld and haz of welded joints and mechanical properties of low-alloy steels]. *Avtomaticheskaya svarka – The Paton Welding Journal*, (12), 21-26. <https://doi.org/10.37434/tpwj2020.12.03>
8. Labur, T.M., Yavorska, M.R., & Koval, V.A. (2021). Formuvannia shviv pry zvariuvanni stykiv z aliuminiievoho splavu AMh5M plavkym elektrodom v montazhnykh umovakh bez zastosuvannia pidkladnogo formuiuchoho elementa ta z nym [Weld formation in consumable electrode welding of butt joints of amg5m aluminium alloy in site with a forming backing element and without it]. *Avtomaticheskaya svarka – The Paton Welding Journal*, (4), 25-30. <https://doi.org/10.37434/tpwj2021.04.05>.
9. Zavdoveev, A.V., Poznyakov, V.D., Gaivoronskyi, O.A., Denysenko, A.M., & Baudin, T. (2021). Optyimizatsiia za rozrakhunkovym metodom rezhymiv impulsno-duhovoho zvariuvannia z vykorystanniam vysokolehovanoho zvariuvannia materialu [Optimization by calculation method of pulsed-arc welding modes using high alloy welding material]. *Avtomaticheskaya svarka – The Paton Welding Journal*, (4), 9-13. <https://doi.org/10.37434/tpwj2021.04.02>.
10. Labur, T.M., Javorska, M.R., & Koval, V.A. (2021). Vplyv shvydkosti impulsno-duhovoho zvariuvannia na strukturu ta vlastyvoli ziednan aliuminiievoho splavu AMh5M, otrymanykh u riznykh prostorovykh polozhenniakh stykiv [Influence of pulse-arc welding speed on structure and properties of joints of AMg5M aluminum alloy produced in different spatial positions of butts]. *Avtomaticheskaya svarka – The Paton Welding Journal*, (9), 31-37. <https://doi.org/10.37434/as2021.09.05>.
11. Zhernosekov, A.M., Fedorchuk, V.Ye., Kysla, H.P., Koval, V.A., & Falchenko, Iu.V. (2022). Vplyv formy strumu zvaruvannia na vlastyvoli zednan aluminievyykh splaviv [The influence of welding current pulses shape on aluminum alloy joints properties]. *Fizikohimichna mehanika materialiv – Physicochemical Mechanics Of Materials*, 58(2), 12-19.

Отримано 02.07.2022

Anatolii Zhernosekov¹, Viktor Fedorchuk², Oleh Novomlynets³

¹Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Head of Department of Pulsed Processes and Technology of Arc Welding
Paton Electric Welding Institute NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

E-mail: zhernosekov@paton.kiev.ua. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6404-2221>

Scopus Author ID: [6506774085](https://orcid.org/0000-0002-6404-2221)

²PhD in Technical Sciences, Senior Researcher of Department of Physical-Metallurgical Processes
of Welding of Light Metals and Alloys

Paton Electric Welding Institute NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

E-mail: vicf@ukr.net. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9929-3231>

ResearcherID: [W-1322-2017](https://orcid.org/0000-0002-9929-3231). **Scopus Author ID:** [6701617519](https://orcid.org/0000-0002-9929-3231)

³Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Rector

Chernihiv Polytechnic National University (Chernihiv, Ukraine)

E-mail: oon1@ukr.net. **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-0774-434X>

ResearcherID: [F-8166-2014](http://orcid.org/0000-0002-0774-434X). **Scopus Author ID:** [56938958300](http://orcid.org/0000-0002-0774-434X)

**REGULATION OF CURRENT PULSE PARAMETERS
DURING MIG WELDING OF ALUMINUM ALLOYS**

Pulse-arc welding with a fusible electrode in inert gases occupies one of the leading places among arc methods in the manufacturing of structures from aluminum alloys of responsible purpose. Drops of molten metal of the electrode wire, with the correct selection of pulse parameters, have a small diameter, they do not deform, the evaporation from their surface is minimal and the transfer of alloying elements from the electrode wire to the welding bath is maximal. The problem of the influence of the pulses shape and their parameters on welds and connections during arc welding with a fusible electrode remains unstudied. Therefore, the research on improving the efficiency of pulse-arc welding through the creation of new equipment with enhanced capabilities of management of process parameters is relevant.

The development of modern electric welding equipment, including the sources of power for the welding electrode arc, will allow increasing significantly the efficiency of the process. The peculiarity of the use of such equipment is explained by the emergence of many combined and hybrid welding technologies using a pulsed welding electrode arc, for example, laser-arc, plasma-arc. The purpose of the research is to expand the technological regimes of pulse-arc welding with a fusible electrode in inert gases of aluminum alloys by controlling the shape and parameters of the current pulses.

Experimental studies on the control of current pulse parameters (duration, frequency, amplitude) and its shape during welding of aluminum alloys AMg6, 1201 and 2219 in argon have been conducted. The obtained dependencies can be used for the development of synergistic equipment for pulse-arc processes.

Such equipment will allow expanding the ranges of adjustment of pulse parameters when welding a wide range of aluminum alloys of different alloying systems in different spatial positions and will allow using it in hybrid technologies.

Keywords: arc welding; fusible electrode; aluminum alloys; current pulses; regulation; power sources.

Table: 1. Fig: 5. References: 11.