

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА
МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
ДЕПАРТАМЕНТ ОСВІТИ І НАУКИ
МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ ДЕРЖАВНОЇ АДМІНІСТРАЦІЇ

ІННОВАЦІЇ В СУДНОБУДУВАННІ ТА ОКЕАНОТЕХНІЦІ

XVI Міжнародна науково-технічна конференція

МАТЕРІАЛИ

25–26 вересня 2025 рік

*Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
просп. Героїв України, 9*



ВИДАВНИЦТВО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМ. АДМІРАЛА МАКАРОВА

2025

УДК 001.895:629.5

I-66

ОРГАНІЗАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
ДЕПАРТАМЕНТ ОСВІТИ І НАУКИ
МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ ДЕРЖАВНОЇ АДМІНІСТРАЦІЇ

ПАРТНЕРИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Міністерство освіти і науки України; Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України; ДП «Адміністрація морських портів» (Україна); ДП «Адміністрація річкових портів» (Україна); ДП «Дослідно-проектний центр кораблебудування» (Україна); Південний науковий центр НАН України і МОН України (Україна); Головне управління Державної служби з надзвичайних ситуацій України у Миколаївській області (Україна); Національний університет «Одеська національна академія» (Україна); Одеський національний морський університет (Україна); Черкаський державний технологічний університет (Україна); Національний авіаційний університет (Україна); Компанія «АМІКО ГРУПП» (Україна); Морське інженерне бюро (Україна); АТ «Завод «Екватор» (Україна); Асоціація ветеранів Військово-морських сил України (Україна); Харбінський інженерний університет (КНР); Університет науки і технологій Цзянсу (КНР); Таджикиський технічний університет ім. академіка М.С. Осими (Таджикістан); Кошалінський технічний університет (Польща); Гданьський технологічний університет (Польща); Празький університет хімії і технології (Чеська республіка); Батумський навчально-навігаційний університет (Грузія); ДУ «Національний антарктичний науковий центр».

ІНФОРМАЦІЙНІ ПАРТНЕРИ

ТОВ «Видавничий дім «Гельветика»; науковий журнал «Shipbuilding & marine infrastructure»; журнал «Судноплавство»

Відповідальний за випуск
Павлов Геннадій Вікторович

*Редакційна колегія не несе відповідальність за достовірність наведених даних та посилань.
Матеріали публікуються в авторській редакції*

Інновації в суднобудуванні та океанотехніці : XVI Міжнародна науково-технічна
I-66 конференція : матеріали. – Миколаїв : НУК, 2025. – 1256 с.

ISBN 978-966-321-487-0

У збірнику наведені матеріали XVI Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». Збірник становить інтерес для наукових працівників, викладачів, інженерів та студентів.

УДК 001.895:629.5

ISBN 978-966-321-487-0

© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2025

OBTAINING PLASMA-SPRAYED METAL-CERAMIC COMPOSITE COATINGS**Yaros Yuriy, Karpechenko Anton, Bobrov Maksym, Kondratieva Anna, Savenkov Oleg**
Admiral Makarov National University of Shipbuilding

Abstract. This study investigates the technology of plasma spraying of metal-ceramic coatings based on aluminum with the addition of α -Al₂O₃, γ -Al₂O₃, and kaolin to enhance wear resistance, hardness, and adhesive strength. A combined wire-powder spraying method is proposed, which reduces costs and improves the distribution of the reinforcing phase. The use of α -Al₂O₃ provides higher hardness (18.9 GPa) and lower porosity (6 – 8%) compared to γ -Al₂O₃. Phase analysis revealed the dominance of corundum (71.3%) in α -Al₂O₃-based coatings, confirming their superior performance. The obtained results demonstrate the effectiveness of the proposed method for producing durable coatings.

Keywords: aluminum matrix coatings, plasma spraying, porosity, microstructure, microhardness.

УДК 621.791. 75

**ДОСЛІДЖЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО ПРОЦЕСУ
ПРИ БАГАТОЕЛЕКТРОДНОМУ НАПЛАВЛЕННІ****Драган С.В.**

*кандидат технічних наук, професор НУК, в.о. зав. кафедри зварювального виробництва
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова,
м. Миколаїв, Україна
dragan.welding@gmail.com*

Ярос Ю.О.

*кандидат технічних наук, доцент кафедри зварювання Херсонського навчально-наукового
інституту Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова,
м. Херсон, Україна
yaros.amity.mk.ua@gmail.com*

Бойко І.О.

*кандидат технічних наук, доцент кафедри матеріалознавства та прикладної механіки
технічного університету Метінвест Політехніка, м. Запоріжжя, Україна
igor.boiko@nipolytech.education*

Козловський Д.С.

*магістр з прикладної механіки, інженер ТОВ «Плазматек», м. Вінниця, Україна
toyjoujoujo@gmail.com*

Анотація. Досліджені особливості масопереносу при наплавленні покритими електродами марки Т 590 при використанні одиничних електродів та зібраних у пучок. Проведено аналіз осцилограм струму і напруги та оцінена стабільність дугового процесу. Показана перспектива застосування багатоелектродного ремонтного наплавлення деталей машин і механізмів.

Ключові слова: дуговий процес, стабільність, пучок електродів, коефіцієнт варіації.

Тяжкі умови роботи машин, особливо на підприємствах гірничо-збагачувальних комплексів, призводять до передчасного виходу з ладу деталей робочих органів механізмів. Актуальне завдання – відновлювальне та зміцнювальне наплавлення місцевих пошкоджень, яке часто проводиться у польових умовах з використанням ручного або механізованого дугового зварювання згідно з вимогами ISO 4063:2009 [1].

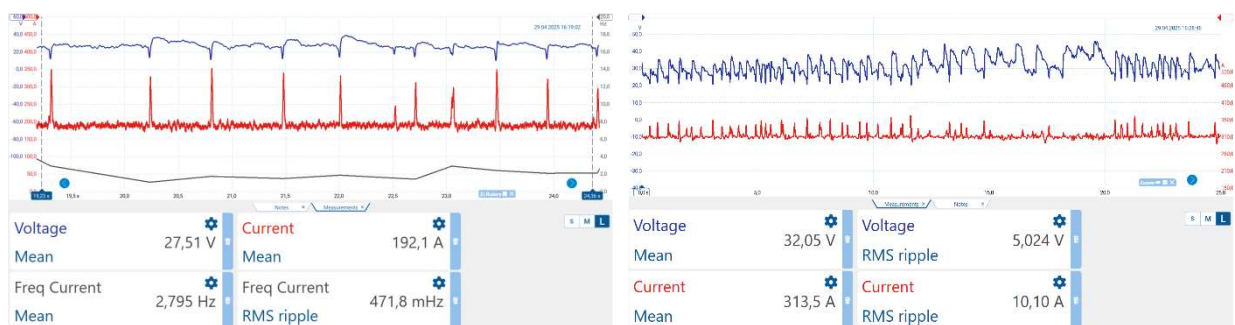
Перевага механізованого наплавлення, у порівнянні з ручним покритими електродами, – висока продуктивність (ручний спосіб 1,5...1,8 кг/год., механізований 2,5...3 кг/год.), але є суттєві недоліки: потреби у більш складному та вартісному обладнанні, кваліфікованому персоналі та спеціальній організації робіт; вартість зварювальних матеріалів для механізованого наплавлення значно перевищує вартість покритих електродів. Використання методу багатоелектродного зварювання пучком електродів, відомого ще з 40-х років минулого століття, – резерв підвищення продуктивності наплавочних робіт [2], але розвиток цієї технології стримується недостатньо вивченими умовами забезпечення стабільності електродугового процесу.

Мета даної роботи – дослідження стабільності електродугового процесу на основі аналізу осцилограм напруги і струму та продуктивності багатоелектродного (пучком електродів) наплавлення.

Дослідження проводили на установці УПЕ 500, яка передбачає автоматичну реєстрацію і обробку системою PicoScore 4444 та програмним забезпеченням PicoScore 7 отриманих даних з одночасною стабілізацією режимів зварювання [3, 4]. Наплавлення виконували електродами Т 590 виробництва групи компаній «Плазматек». Були проведені дві серії дослідів: 1) наплавленням одним електродом і 2) пучком з трьох електродів. У кожній серії використовували електроди діаметром 4 мм, швидкість наплавлення в обох серіях дослідів була однаковою $V = 11$ см/хв.

Аналіз отриманих осцилограм параметрів електродугових процесів (рис. 1) дозволив встановити наступні відмінності.

Наплавлення одним електродом, з метою досягнення максимальної продуктивності процесу, виконували на форсованому режим: $I = 190$ А, $U = 27$ В; для наплавлення пучком електродів режим вибирали за умови його реалізації на стандартних промислових джерелах живлення: $I = 310$ А, $U = 32$ В.



а

б

Рисунок 1 – Осцилограми струму (I), напруги (U) і графік частоти масопереносу (F_m) при наплавленні: а – одним електродом; б – пучком

Осцилограми напруги і струму електродугового процесу при наплавленні одним електродом (рис. 1, *a*) характерні для масопереносу з короткими замиканнями (тип D) [1]: спостерігаються регулярні піки струму з кратністю більше 1,5 та відповідні “провали” напруги – нижче 20 В.

За показник стабільності дугового процесу був прийнятий коефіцієнт варіації частоти масопереносу (відсоткове відношення RMS ripple до Mean) [3].

Побудований системою PicoScore 7 графік частоти зміни струму характеризує частоту масопереносу – 2,795 Гц із середньоквадратичним відхиленням – 0,472 Гц. Отримане розрахункове значення коефіцієнту варіації становить 16,9 %, що нижче допустимої межі 20 %, і тому електродуговий процес можна визначити як стабільний. Але продуктивність процесу наплавлення, навіть при форсованому режимі, не перевищує 1,8 кг/год.

При наплавленні пучком електродів зміни струму та напруги електродугового процесу (рис. 1, *b*) носять інший характер – спостерігаються нерегулярні піки струму з кратністю менше 1,2 та коливання напруги відбувається до значень не нижче 20 В. Ці ознаки чітко визначають відсутність коротких замикань дугового проміжку.

Досить високий (15,7 %) коефіцієнт варіації напруги свідчить про періодичну значну зміну довжини дуги, що пояснюється формуванням краплі великого розміру, проте відрив краплі відбувається без короткого замикання. Масоперенос у цьому випадку можна класифікувати як тип G – краплинний [1]. Зміна типу масопереносу пояснюється міграцією анодної плями дуги між електродами (процес спостерігається візуально) аналогічно міграції дуги при зварюванні стрічковими електродами [5]. У кожний момент часу зварювальна дуга існує на одному електроді, імпульсна густина струму дуги значно перевищує визначену при наплавленні одним електродом 15 А/мм² і у проведеному дослідженні становила 24,7 А/мм². Підвищена густина струму викликає більш інтенсивне імпульсне плавлення електрода і приводить до зміни типу масопереносу.

За показник стабільності дугового процесу у цьому випадку був прийнятий коефіцієнт варіації струму, розраховане значення якого становило 3,2%, що свідчить про високу стабільність [4]. При цьому продуктивність наплавлення досягає 2,9 кг/год. і відповідає рівню продуктивності механізованого наплавлення.

Висновки

1. Встановлено, що при багатоелектродному наплавленні (пучком електродів) масоперенос здійснюється за типом G, на відміну від наплавлення одним електродом (тип D).
2. Висока стабільність дугового процесу при наплавленні пучком електродів забезпечуються при імпульсній густині зварювального струму в кожному з електродів пучка 24,7 А/мм².
3. Продуктивність наплавлення пучком з 3-х електродів досягає продуктивності механізованого наплавлення.

Література

- [1] ISO 4063:2009 Welding and allied processes – Nomenclature of processes and reference numbers.
- [2] Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. Под ред. акад. Б. Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1974. – 768 с.

[3] Костін О. М. Комплекс УПЕ-500 для визначення зварювально-технологічних характеристик покритих електродів. /О. М. Костін, О. О. Ярослав, Ю. О. Ярослав, О. В. Савенко // Автоматичне зварювання. 2021, № 8. – С. 47-52. URL: <http://jnas.nbuu.gov.ua/article/UJRN-0001273673>.

[4] Olexander Kostin, Olexander Yaros, Yurii Yaros, Alexei Savenko, Volodymyr Martynenko, Igor Boyko. Method for Evaluating the Stability of Arc Burning of Electrodes with Rutile-Cellulosic Covering. 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES). DOI: 10.1109/MEES58014.2022.10005682/.

[5] Носовський Б. І. Вимоги до зварювальних джерел живлення при наплавленні стрічковим електродом. / Б. І. Носовський, О. В. Лаврова // Вісник Приазовського державного технічного університету. – Маріуполь: 2009, № 19. – С. 192-195.

INVESTIGATION OF THE STABILITY OF THE ARC WELDING PROCESS IN MULTI-ELECTRODE SURFACING

Dragan S., Yaros Y. Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine

Boyko I., Metinvest Polytechnic Technical University, Zaporizhzhia, Ukraine

Kozlovskiy D. LLC "Plasmatek" Vinnitsa, Ukraine

The characteristics of mass transfer during surfacing with coated electrodes of grade T 590 using individual electrodes and those assembled into a bundle were investigated. An analysis of current and voltage oscillograms was conducted, and the stability of the arc process was evaluated. The prospect of applying multi-electrode repair surfacing of machine parts and mechanisms is demonstrated.

Keywords: arc process, stability, electrode bundle, coefficient of variation.

УДК 669.01

ПІДВИЩЕННЯ ДЕМПФІРУВАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ І СПЕЦІАЛЬНИХ СПЛАВІВ

Лебедєва Н.Ю.

*кандидатка технічних наук, доцентка кафедри матеріалознавства і технології металів,
nataliia.lebedieva@nuos.edu.ua*

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Україна

Казимиренко Ю.О.

докторка технічних наук, доцентка, професорка кафедри матеріалознавства і технології металів, yuliia.kazymyrenko@nuos.edu.ua

Анотація. В роботі викладено власний досвід авторів щодо підвищення демпфівальної здатності конструкційних матеріалів і спеціальних сплавів. Наведено результати експериментальних досліджень зразків марганцево-мідних сплавів, титанового