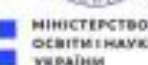


Міністерство освіти і науки України  
 Національний університет «Чернігівська політехніка» (Україна)  
 Асоціація випускників Національного університету «Чернігівська політехніка»  
 Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігори Сікорського»  
 Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України (Україна)  
 Херсонський національний технічний університет (Україна)  
 Луцький національний технічний університет (Україна)  
 Донбаська державна машинобудівна академія (Україна)  
 Національний авіаційний університет (Україна)  
 Сумський державний університет (Україна)  
 Oerlikon Barmag GmbH (Німеччина)  
 Інженерна академія України  
 Академія наук вищої освіти України  
 Лодзький технічний університет (Польща)  
 Технічний університет в Кошице (Словаччина)  
 ThyssenKrupp Materials International GmbH (Німеччина)  
 Національний університет «Львівська політехніка» (Україна)  
 Батумський державний університет ім. Шота Руставелі (Грузія)  
 Київський національний університет технологій та дизайну (Україна)  
 Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
 Українське товариство механіки ґрунтів, геотехніки і фундаментобудування  
 Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки (Україна)



Матеріали XIII міжнародної  
 науково-практичної конференції  
**«КОМПЛЕКСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
 ЯКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ  
 ПРОЦЕСІВ ТА СИСТЕМ»**

Том 2

25 - 26 травня 2023 р.  
 м. Чернігів

- Дубоний О. М.<sup>1</sup>, Лебедєв В. О.<sup>2</sup>, Лой С. А.<sup>2</sup>** Підвищення ефективності теплозахисних покриттів при плазмовому напильненні за рахунок впливу на їх теплопровідність 40  
<sup>1</sup> Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв  
<sup>2</sup> Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон
- Лебедєв В. О.<sup>1</sup>, Лой С. А.<sup>1</sup>, Макаренко Н.О.<sup>2</sup>** Основні та інноваційні способи зовнішнього періодичного впливу на розплав ванни та процес переносу металу при електродуговому механізованому зварюванні та інших процесах 43  
<sup>1</sup> Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон  
<sup>2</sup> Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ
- Лук'яниченко С.П., Майданчук Т.Б., Глюшенко В.М., Бондаренко А.М.** Зварювання міді із застосуванням металопорошкового дроту 46  
 Інститут електрозварювання імені С. О. Патона НАН України, м. Київ
- Широкий Ю.В., Торосин О.В., Жидєєв П.Р.** Ефективність використання математичної моделі для опису генерації температурних полів 47  
 Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «ХАІ», м. Харків
- Берднікова О.М.<sup>1</sup>, Кушнарєва О.С.<sup>1</sup>, Алексєєнко Т.О.<sup>1</sup>, Газнюк Ю.С.<sup>1</sup>, Гурнік О.О.<sup>2</sup>** Вплив систем легування зварних швів на структуру та властивості зварних з'єднань сталі спеціального призначення 48  
<sup>1</sup> Інститут електрозварювання ім. С.О. Патона НАН України, м. Київ  
<sup>2</sup> Відокремленої структурний підрозділ «Фаховий коледж інженерії та м'яжу НАУ», м. Київ
- Кушнарєва О.С., Берднікова О.М., Половецький Є.В., Алексєєнко І.І., Кушнарєва Т.М.** Модифікування поверхневих шарів швидкокріпальної сталі іспульсно-плазмовою обробкою 50  
 Інститут електрозварювання імені С. О. Патона НАН України, м. Київ
- Фальченко Ю.В., Петрушинець Л.В., Федорчук В.С., Пузрін О.Л., Алексєєнко І.І., Махнієнко О.О.** Дослідження впливу технологічних параметрів дифузійного зварювання в вакуумі на особливості формування з'єднань з магнієвого сплаву МА2 52  
 Інститут електрозварювання імені С. О. Патона НАН України, м. Київ
- Петрушинець Л.В., Фальченко Ю.В., Мельніченко Т.В., Федорчук В.С.** Дослідження можливості застосування високоентропійного сплаву системи CrMnFeCoNi при дифузійному зварюванні у вакуумі сплаву EI437Б 53  
 Інститут електрозварювання імені С. О. Патона НАН України, м. Київ
- Копилов В. І.<sup>1</sup>, Кузін О. А.<sup>1</sup>, Кузін М. О.<sup>2</sup>** Особливості формування розсіяних пошкоджень в нероз'ємних з'єднаннях рейок при термітному зварюванні 54  
<sup>1</sup> Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ  
<sup>2</sup> Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів  
<sup>3</sup> Львівський науково-дослідний інститут судових експертів, м. Львів
- Максимова С. В., Воронов В. В., Ковальчук П. В.** Припой для вакуумного паяння алюмінієвих сплавів 55  
 Інститут електрозварювання імені С. О. Патона НАН України, м. Київ
- Гапонова О. П.<sup>1</sup>, Тарельник Н. В.<sup>2</sup>, Охріменко В.О.<sup>1</sup>** Вплив енергетичних параметрів і часу легування на якість алітованих покриттів, отриманих методом електроіскрового легування 57  
<sup>1</sup> Сумський державний університет, м. Суми  
<sup>2</sup> Сумський національний аграрний університет, м. Суми

Гапонова О. П., докт. техн. наук, професор  
Сумський державний університет  
Тарельник Н. В., канд. екон. наук., доцент  
Сумський національний аграрний університет  
Охріменко В.О., аспірант

Сумський державний університет, v.okhrimenko@pmtkm.sumdu.edu.ua

### ВПЛИВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ І ЧАСУ ЛЕГУВАННЯ НА ЯКІСТЬ АЛІТОВАНИХ ПОКРИТТІВ, ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ

В даний час у конструктори і технологи для захисту поверхонь деталей від різних видів зношування та негативного впливу навколишнього середовища піддають виробу різним видам зміцнення. Це різні способи: напильня, наплавляння, електрохімічне хромування в електроліті, хіміко-термічна обробка [1-4] та ін. Особливе місце серед зміцнюючих технологій займають технології, що використовують для обробки матеріалу концентровані потоки енергії (КПЕ). До них слід віднести одну з найбільш перспективних сучасних технологій, застосування якої дозволяє управляти параметрами якості поверхонь деталей - електроіскрове легування (ЕІЛ). Завдяки технології ЕІЛ у поверхневих шарах деталей формуються структури, що володіють унікальними фізико-механічними та трибологічними властивостями [5]. Аналіз літератури та патентних джерел, а також низка досліджень, проведених авторами робіт [6-7], показали, що метод ЕІЛ є перспективним. В літературі представлені дослідження впливу параметрів роботи обладнання установок ЕІЛ в широкому діапазоні енергій розряду ( $W_p$ ), а продуктивність приймалась згідно рекомендацій таблиці 1.

Таблиця 1 – Залежність продуктивності ЕІЛ від енергії розряду

Енергія розряду ( $W_p$ ), Дж	0,52	1,3	2,6	4,6	6,8
Продуктивність, $см^2/хв$	1,0-1,3	1,3-1,5	1,5-2,0	2,0-2,5	2,5-3,0

В роботі при дослідженні впливу продуктивності процесу ЕІЛ сталевих зразків зі сталі 20 і сталі 40 при формуванні поверхневого шару після обробки алюмінієвим електродом-інструментом (алітування) використовували два варіанти зменшення продуктивності по відношенні до вказаних в табл. 1. В табл. 2 представлені дані цих варіантів:

- перший, коли продуктивність була зменшена – в два рази;
- другий, коли продуктивність була зменшена – в чотири рази.

Таблиця 2 – Залежність продуктивності ЕІЛ від енергії розряду

Енергія розряду ( $W_p$ ), Дж		0,52	1,3	2,6	4,6	6,8
Продуктивність, $см^2/хв$	1-й варіант	0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-1,0	1,0-1,2	1,2-1,5
	2-й варіант	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0,5-0,6	0,6-0,7

Кожний з варіантів виконували в два етапи:

*1-й етап* - обробку проводять алюмінієвим електродом при енергії розряду  $W_p = 0,52 - 6,8$  Дж і продуктивності згідно табл. 2.

*2-й етап* – на поверхню, що зазнала алітування на 1-му етапі перед подальшим електроіскровим легуванням (ЕІЛ) алюмінієвим електродом наносили консистентну речовину, яка містить алюмінієву пудру, або графітовий порошок і алюмінієву пудру, після чого, не чикаючи висихання консистентної речовини, проводили процес алітування, при цій технології шорсткість поверхні зменшується в 4 рази.

Після ЕІЛ структури покриттів складаються із трьох зон: на поверхні формується "білий" шар, далі дифузійна зона і основний метал (рис. 1).



Рис. 1 – Ділянки структури поверхневого шару сталі 20 після ЕІЛ алюмінієвим електродом – інструментом при  $W_p = 4,6$  Дж

Виявлені резерви для підвищення параметрів якості поверхневих шарів сталевих деталей при алітуванні за рахунок більш досконалого дослідження продуктивності процесу ЕІЛ алюмінієвим електродом-інструментом, який є одним з важливих режимів технології алітування.

В першому варіанті при зростанні енергії розряду з 0,52 до 6,8 Дж на першому етапі алітування сталі 20 і сталі 40: товщина «білого» шару збільшується, відповідно до 75 і до 110 мкм; дифузійної зони до 120 і до 140 мкм; мікротвердість «білого шару» зростає з до 7400 і до 7450 МПа; шорсткість поверхні зростає, відповідно до 9,0 і до 8,1 мкм, а суцільність зростає до 100 %.

В другому варіанті при зростанні енергії розряду з 0,52 до 6,8 Дж на першому етапі обробки сталі 20 і сталі 40: товщина «білого» шару збільшується для сталі 20 до 60 мкм при  $W_p=4,6$  Дж, а потім не змінюється і для сталі 40 до 100 мкм; дифузійної зони, відповідно до 130; мікротвердість «білого шару» зростає до 7300 і до 7300 МПа; шорсткість поверхні  $R_a$  зростає до 9,0 і до 8,1 мкм, відповідно, а суцільність, як для сталі 20, так і для сталі 40 при  $W_p=0,52$  Дж складає 95% і далі підвищується до 100 %.

Таким чином, зменшення продуктивності процесу ЕІЛ сприяє погіршенню параметрів якості покриттів.

#### Список посилань

1. M.S. Storozhenko, A.P. Umanskii, A.E. Terentiev, I.M. Zakiev, Effect of Molybdenum Additions on the Structurization of Fe-Mo Alloys and Contact Interaction in the TiB<sub>2</sub>-(Fe-Mo) Systems. *Powder metallurgy and Metal Ceramics*, 56, №1-2: 60-69 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11106-017-9847-y>
2. B.O. Trembach, M.G. Sukov, V.A. Vynar, I.O. Trembach, V.V. Subbotina, O.Yu. Rebrov, O.M. Rebrova, and V.I. Zakiev, Effect of Incomplete Replacement of Cr for Cu in the Deposited Alloy of Fe-Cr-B-Ti Alloying System with a Medium Boron Content (0.5% wt.) on its Corrosion Resistance. *Metallofizika i Noveishie Tekhnologii*, 44, No. 4: 493 (2022). <https://doi.org/10.15407/mfint.44.04.0493>
3. O. Bazaluk, O. Dubei, L. Ropyak, M. Shovkoplias, T. Pryhorovska, and V. Lozynskiy, Strategy of Compatible Use of Jet and Plunger Pump with Chrome Parts in Oil Well. *Energies*, 15, No. 1: 83, (2022);
4. F.A. P. Fernandes, S.C. Heck, R.G. Pereira, A. Lombardi-Neto, Wear of plasma nitrided and nitrocarburized AISI 316L austenitic stainless steel. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 40(2): 175 (2010).
5. B. Tarel'nyk, O. P. Gaponova, Ye. V. Konoplyanchenko, N. S. Yevtushenko, and V. O. Herasymenko (2018) The Analysis of a Structural State of Surface Layer after Electroerosive Alloying. II. Features of Formation of Electroerosive Coatings on Special Steels and Alloys by Hard Wear-Resistant and Soft Antifriction Materials, *Metallofiz. Noveishie Tekhnol.*, 40, No. 6: 795—815.
6. Gaponova, O. et al. (2019). Estimating Qualitative Parameters of Aluminized Coating Obtained by Electric Spark Alloying Method. In: Pogrebnjak, A., Novosad, V. (eds) *Advances in Thin Films, Nanostructured Materials, and Coatings. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Singapore.
7. Quality Analysis of Aluminized Surface Layers Produced by Electrospark Deposition / G. V. Kirik, O. P. Gaponova, V. B. Tarel'nyk et al. *Powder Metallurgy and Metal Ceramics*. 2018. Vol. 56, Issue 11–12. P. 688–696.