

Ірина Захарова, В'ячеслав Роянов

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПУЛЬСАТОРА ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПУЛЬСУЮЧОГО РОЗПИЛЮВАЛЬНОГО ПОТОКУ ПОВІТРЯ ПРИ ДУГОВІЙ МЕТАЛІЗАЦІЇ

Актуальність теми дослідження. У світовій практиці застосування понад 50 % займають металеві покриття, що наносяться методом електродугової металізації, яка має такі переваги: висока продуктивність, простота обладнання, низька енергоємність, можливість отримання покриттів з високими експлуатаційними властивостями за рахунок застосування недефіцитних і недорогих дротів промислового виробництва.

Постановка проблеми. При дуговому напиленні має місце інтенсивне окислення металу, який розпилюється киснем повітря, що призводить до значного вигорання легуючих елементів та значно знижує якість нанесеного покриття.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Багато робіт науковців спрямовано на вдосконалення конструкцій розпилювальних головок електродугових металізаторів, що передбачає вдосконалення конструкції повітряного сопла шляхом використання вставок і пристроїв, що забезпечують зміну в повітряно-розпилювальному потоці та призводить до значного удорожчання процесу.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Відомі розпилювальні головки не суттєво знижують окисний вплив розпилювального повітря, не забезпечують ресурсозбереження за рахунок зменшення витрати розпилювального повітря і витрат електроенергії на його отримання.

Таким чином, **метою досліджень** є зниження окислення часток металу, при дуговій металізації для отримання покриттів із зазначеними властивостями та застосування ресурсозбереження.

Виклад основного матеріалу. З метою зниження окисного впливу повітряно-розпилювального струменя на рідкий метал електродів розроблений метод пульсуючої подачі повітря в зону плавлення електродів. У даній роботі представлено пристрій для створення пульсуючого розпилювального потоку повітря при електродуговому напиленні.

Висновки відповідно до статті. Показано, що при використанні різних перетинів клапана пульсатора для створення пульсуючого розпилювального потоку для дугової металізації, спостерігаються зміни в обсязі повітря та маси кисню розпилювального струменя в кілька разів.

Ключові слова: продуктивність; дугове напилення; пульсуючий струмінь; нанесення покриттів; міцність зчеплення.
Рис.: 5. Бібл.: 11.

Актуальність теми дослідження. Нині процеси газотермічного напилення знаходять дедалі більш широке використання для відновлення зношених деталей та придання різноманітних властивостей поверхням нових деталей. Використання дугової металізації також дозволяє відновлювати втрачені розміри деталей в результаті зношення при їх експлуатації. Для цього застосовуються матеріали з необхідним хімічним складом і відповідальний спосіб напилення.

У світовій практиці застосування понад 50 % займають металеві покриття, що наносяться методом електродугової металізації, яка має такі переваги: висока продуктивність, простота обладнання, низька енергоємність, можливість отримання покриттів із високими експлуатаційними властивостями за рахунок застосування недефіцитних і недорогих дротів промислового виробництва.

Постановка проблеми. У процесі електродугового напилення відбувається інтенсивна хімічна взаємодія розпилювального струменя повітря з матеріалом, що розпилюється, яке призводить до значного вигорання легуючих елементів [8–11]. Інтенсивність окислення збільшується зі збільшенням параметрів, таких як тиск стисненого повітря, відстань від сопла апарату до деталі, що чинить негативний вплив на механічні властивості покриттів та знижує їхню якість.

Ця проблема є однією з основних при дуговій металізації, її вирішенню приділяється значна увага науковців.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Багато робіт спрямовано на вдосконалення конструкцій розпилювальних головок електродугових металізаторів [2–6], виконаних у вигляді корпусу, в якому розташовується повітряно-розпилювальне сопло, забезпечується подача стисненого повітря шляхом використання вставок і пристроїв, що забезпечують зміну в повітряно-розпилювальному потоці, та приводить до значного удорожчання процесу. Відомі розпилювальні головки не суттєво знижують окисний вплив розпилювального повітря, не забезпечують ресурсозбереження за рахунок зменшення витрати розпилювального повітря і витрат електроенергії на її отримання.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Відсутність науково-обґрунтованої економічної технології зниження впливу кисню з розпилювального струменя на рідкий метал торців електродів, що розплавляються, спонукало до розробки методу дугової металізації з використанням пульсуючого розпилювального потоку повітря та конструкції пристрою для забезпечення зниження вигорання легуючих елементів і поліпшення властивостей покриття. Раніше дослідження в цьому напрямі не відомі й потребують теоретичних і технологічних обґрунтувань щодо практичного використання методу.

Отже, **метою досліджень** є зниження окислення часток металу при дуговій металізації для отримання покриттів із зазначеними властивостями та застосування ресурсозбереження.

Постановка завдання. З метою зниження окисного впливу розпилювального струменя на рідкий метал торців електродів, що плавляться, пропонується використовувати пульсуючий розпилювальний струмінь повітря, який, за рахунок пульсацій визначеної частоти зменшить вплив кисню на розплавлений метал електродів [7]. Для вирішення поставленого завдання було розроблено відповідний пристрій [9].

Виклад основного матеріалу. У роботі наведено обґрунтування конструкції цього пристрою. Пульсуючий пристрій являє собою циліндричний корпус із входним і вихідним патрубком для підведення і виведення стисненого повітря, всередині якого встановлено вал з отвором і можливістю обертання.

Застосування різного перетину прохідного отвору клапана пульсатора дозволяє змінювати і характер наростання імпульсу. При використанні круглого перетину (прототип) – імпульс має синусоїдальну форму. При використанні прямокутного перетину – імпульс має прямокутну форму наростання і падіння напору струменя. Загальним для синусоїдальної і прямокутної форм перекриття є наявність паузи в розпиленні, необхідної для утворення рідкого металу на торцях плавких електродів.

Однак прямокутна форма перетину прохідного отвору клапана пульсатора забезпечує більш різкий режим наростання і падіння напору струменя. Розроблений пристрій дозволяє отримати пульсуючий режим повітряно-розпилювального струменя з імпульсами прямокутної форми. При цьому оптимальний перетин прохідного отвору обертового клапана – прямокутник зі співвідношенням сторін $h / b = 1,3 \dots 1,5$.

Геометричні параметри робочого отвору клапана виражені певним співвідношенням.

Сутність запропонованого рішення та обґрунтування позитивного ефекту пояснюються кресленнями, на якому зображено схема принципу конструкції пульсатора (рис. 1), який складається з корпусу, кришки, входного та вихідного патрубків. А також вірогідні схеми перекриття каналу проходження повітря через клапан пульсатора.

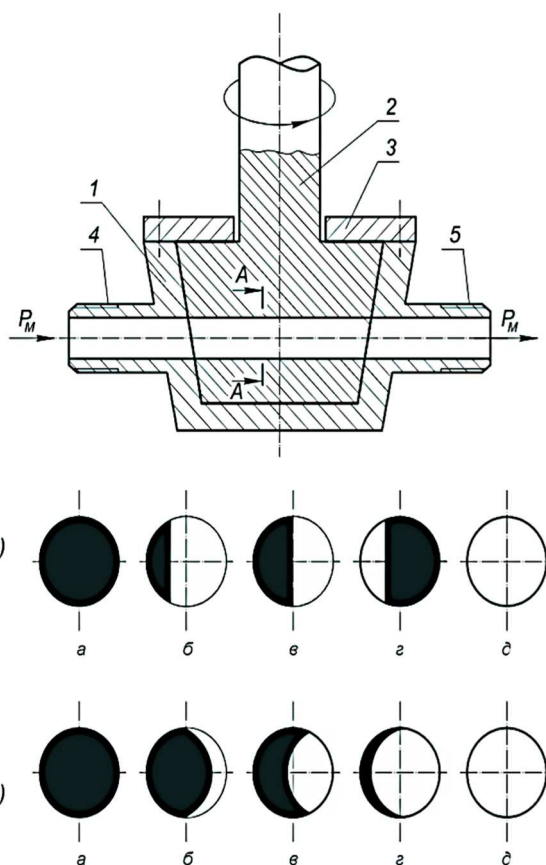


Рис. 1. Схема пульсатора з обертовим клапаном:

1 – корпус; 2 – шток; 3 – кришка; 4, 5 – патрубок; а – форма перетину прохідного отвору клапана пульсатора («коло-квадрат»); б – форма перетину прохідного отвору клапана пульсатора («коло-коло»)

Площі перекриття для перетинів різної форми представлені на графіках (рис. 2, 3).

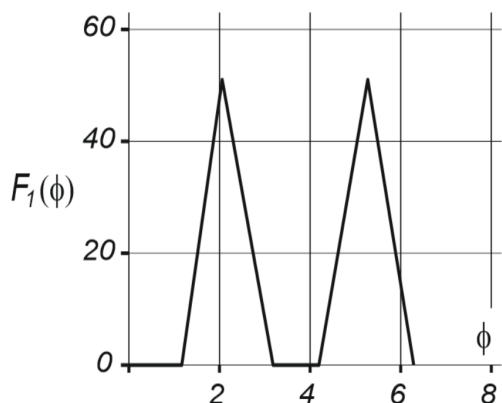


Рис. 2. Площа перекриття для перетину «коло-коло»

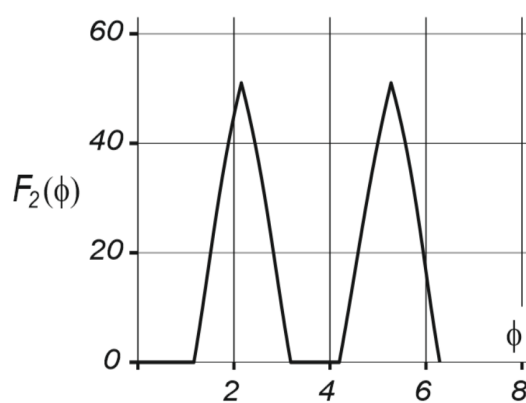


Рис. 3. Площа перекриття для перетину «коло-квадрат»

Для цих варіантів величина площі становила: перетин «коло-коло» $P_1 = 92,04 \text{ мм}^2$; перетин «коло-квадрат» $P_2 = 46,02 \text{ мм}^2$.

Провівши аналіз, можна зробити висновок, що більша площа перекриття характерна для випадку «коло-коло», відповідно до змін площі перетину змінюється і витрата повітря, що, у свою чергу, збільшує продуктивності й ефективності використання матеріалу, який розпилюється.

Для реалізації способу дугового металізації з пульсуючим розпилювальним потоком з урахуванням проведених досліджень за основними показниками способу запропонована конструкція пульсатора для промислового виконання (рис. 4).

Конструкція пульсатора забезпечує стабільність отримання імпульсів потоку заданої частоти, за рахунок підшипників при фіксуванні клапана-пульсатора в корпусі. З'ємна кришка забезпечує мобільність клапана пульсатора за наявності зносу при тривалій роботі. Конструкція передбачає вільне обертання клапана пульсатора при наявності зависокого тиску (5-6 атмосфер) у системі подачі повітря.

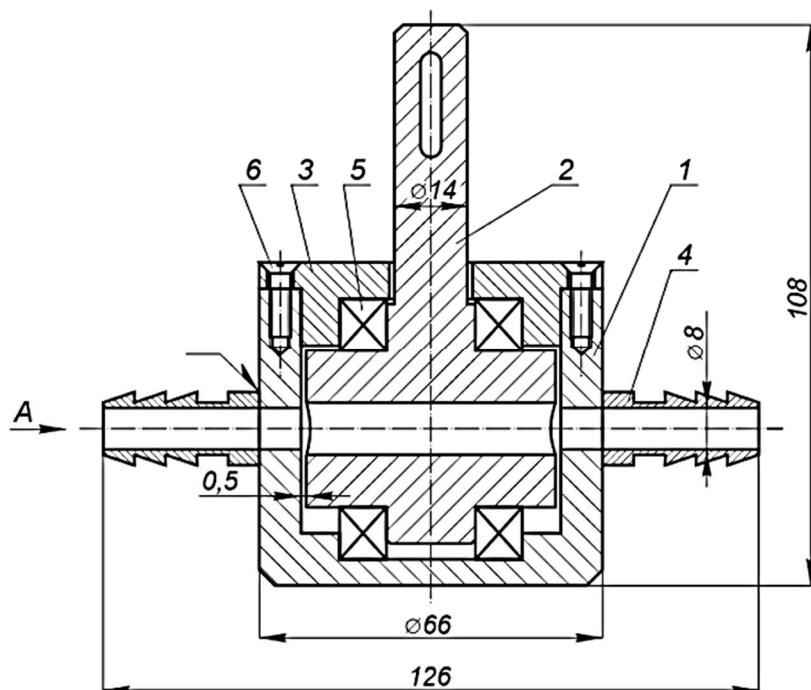


Рис. 4. Складальна схема клапана – пульсатора:
1 – корпус; 2 – шток; 3 – кришка; 4 – патрубок; 5 – підшипник; 6 – гвинт

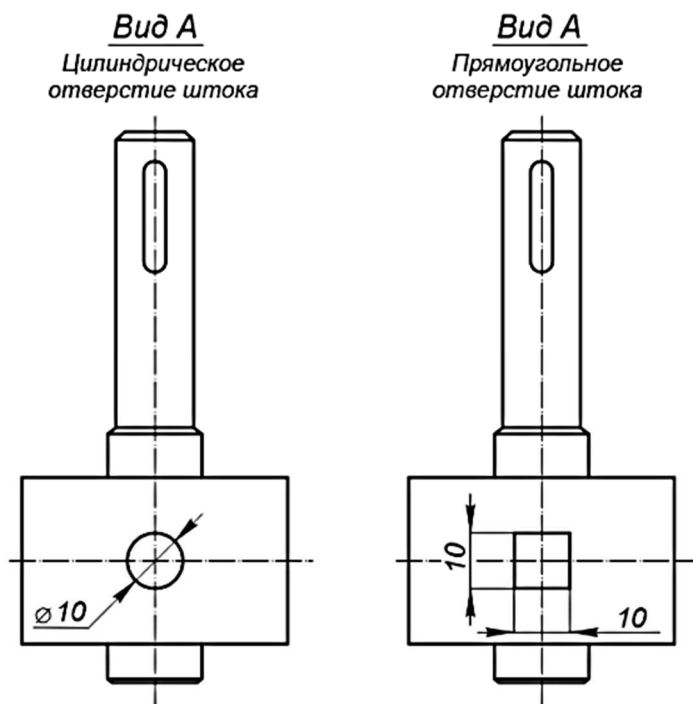


Рис. 4. Аркуш 2

Наявність клапана пульсатора у системі подачі повітря не впливає на проведення процесу дугової металізації проте зменшує потрібну кількість повітря.

Авторами було зроблено аналіз впливу частоти пульсацій потоку повітря на ряд показників, окремо на масу кисню, яка бере участь у процесі транспортування розплавлених часток металу електродів та представлені деякі результати у вигляді графіку (рис. 5) [7; 11].

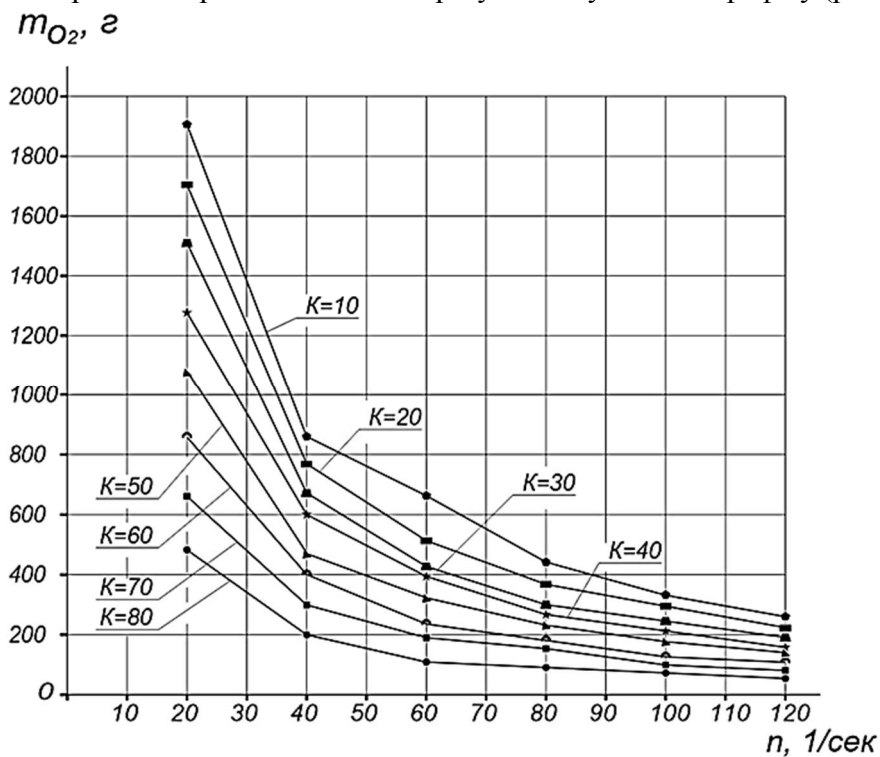


Рис. 5. Вплив частоти імпульсів пульсатора на величину маси кисню повітря, що проходить через сопло (для значень перекриття каналу сопла $p = 80$, протягом 60 с)

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

З рис. 5 можна побачити, що обсяг повітря і маса кисню розпилювального струменя знижується з ростом частоти пульсацій в кілька разів, а значить, також знижується його вплив на вигорання легуючих елементів у нанесеному покритті.

Висновки відповідно до статті. З метою вирішення проблеми зниження окислювального впливу на метал електродів, які розпилюються, запропоновано пульсуючу подачу повітряного розпилювального потоку при електродуговій металізації за рахунок введення додаткового елемента в розпилювальну головку металізатора.

Пульсуючий пристрій являє собою циліндричний корпус із вхідним і вихідним патрубком для підведення і виведення стисненого повітря, всередині якого встановлено вал з отвором і можливістю обертання.

Ефект пульсуючої подачі досягається за рахунок обертання валу з отвором періодично з'єднує вхідний і вихідний патрубок циліндра пульсатора.

Розроблений пристрій (пульсатор) встановлюється перед розпилювальною системою дугового металізатора, дозволяє значно скоротити витрати повітря і не становить незручності (перешкод) при виконанні процесу дугового напилення.

Список використаних джерел

1. А.с. 1787049 СССР, МКИ В 05 В 7/22. Распыляющая металлизационная головка / В. А. Роянов, Г. А. Мосиенко, В. П. Семенов, В. Я. Лавренов. № 990322; Заявл. 22.11.89; Опубл. 07.01.93, бюл. № 1.

2. А.с. 1727923 СССР, МКИ В 05 В 7/22. Устройство для электродуговой металлизации / Ю. С. Борисов, А. Г. Ильенко, Е. А. Астахов, А. Л. Гайдаренко. № 1329835; Заявл. 26.06.89; Опубл. 23.04.92, бюл. № 15.

3. Тер-Даниэльян Б. И., Красниченко Л. В. Новая распылительная головка электродугового металлизатора. *Сварочное производство*. 1983. № 12. С. 30–32.

4. Войцеховский Е. В., Роянов В. А., Войцеховский Е. В. Некоторые газодинамические и технологические характеристики воздушно-распыляющих сопел электрометаллизационных аппаратов. *Сварочное производство*. 1977. № 12. С. 18–19.

5. Кравченко Л. В. Новая распылительная головка электродугового металлизатора. *Сварочное производство*. 1983. № 12. С. 30–32.

6. Роянов В. А., Бобиков В. И. Устройство для электродуговой металлизации с пульсирующим режимом истечения воздушно-распыляющей струи. *Сварочное производство*. 2015. № 4. С. 12–15.

7. Роянов В. А., Захарова И. В., Крючков Н. С. Снижение воздействия кислорода на жидкий металл при электродуговом напылении пульсирующей струей воздуха. *WorldScience*. 2019. № 5(45). Warsaw RS Global Sp.2.O.O.IndexCopernicus, academia.edu.

8. Roianov V., Zakharova I., Lavrova E. Development of properties of spray flow and nature of pressure distribution in electric arc metalization. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. № 6/5 (90). С. 41–49.

9. Роянов В. А., Захарова И. В., Крючков Н. Изучение влияния конструкций распыляющего устройства на качество напыленного слоя. *Университетская наука – 2017: Междун. науч.-техн. конф. (г. Мариуполь, 18-19 мая 2017 г.) / Приазовский государственный технический университет. Мариуполь: ГБУЗ «ПГТУ», 2017. Т. 2. С. 86–87.*

10. Захарова І. В., Роянов В. О., Крючков М. С. Вплив пульсуючого розпилювального потоку на ефективність використання електродів, при утворенні покриттів. *Topical issues of the development of modern science: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції (Софія, Болгарія, 11-13 грудня)*. Софія, 2019. С. 88–94.

11. Захарова І. В., Роянов А. О., Крючков М. С. Вплив частоти пульсацій на міцність зчеплення покриття з основою. *The 16th International conference "Science and society" (December 27, 2019)*. Accent Graphics Communications & Publishing, Hamilton, Canada, 2019. P. 6–11.

References

1. Roianov, V. A., Mosienko, G. A., Semenov, V. P., Lavrenov, V. Ia. (1993). *Raspyliaiuschaia metallizatsionnaia golovka [Spray head]*. A.s. 1787049 SSSR, MКИ V 05 V 7/22, № 990322 [in Russian].

2. Borisov, Iu. S., Ilenko, A. G., Astakhov E. A., Gaidarenko A. L. (23.04.92). *Ustroistvo dlia elektrodugovoi metallizatsii [Device for electric arc metallization]*. A.s. 1727923 SSSR, MKI V 05 V 7/22. № 1329835 [in Russian].
3. Ter-Danielian, B. I., Krasnichenko, L. V. (1983). Novaia raspylitelnaia golovka elektrodugovogo metallizatora [New spray head of the electric arc metallizer]. *Svarochnoe proizvodstvo – Welding production*, 12, 30–32 [in Russian].
4. Roianov, V. A., Voitcekhovskii, E. V. (1977). Nekotorye gazodinamicheskie i tekhnologicheskie kharakteristiki vozdušno-raspyliaiushchikh sopel elektrometallizatsionnykh apparatov [Some gas-dynamic and technological characteristics of air-spraying nozzles of electrometallization apparatuses] *Svarochnoe proizvodstvo – Welding production*, 12, 18–19 [in Russian].
5. Kravchenko, L. V. (1983). Novaia raspylitelnaia golovka elektrodugovogo metallizatora [New spray head of the electric arc metallizer]. *Svarochnoe proizvodstvo – Welding production*, 12, 30–32 [in Russian].
6. Roianov, V. A., Bobikov, V. I. (2015). Ustroistvo dlia elektrodugovoi metallizatsii s pulsiruiushchim rezhimom istecheniia vozdušno-raspyliaiushchei strui [A device for electric arc metallization with a pulsating regime of the expiration of the air-spray jet]. *Svarochnoe proizvodstvo – Welding production*, 4, 12–15 [in Russian].
7. Roianov, V. A., Zakharova, I. V., Kriuchkov, N. S. (2019). Snizhenie vozdeistviia kisloroda na zhidkii metall pri elektrodugovom napylenii pulsiruiushchei strui vozdukha [Reducing the effect of oxygen on liquid metal during electric arc spraying with a pulsating air stream]. *WorldScience*, 5(45), Warsaw RS Global Sp.2.O.O.IndexCopernicus, academia.edu [in Russian].
8. Roianov V., Zakharova I., Lavrova E.. [2017] Development of properties of spray flow and nature of pressure distribution in electric arc metalization. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6/5 (90), 41–49 [in English].
9. Roianov, V. A., Zakharova, I. V., Kriuchkov, N. (2017). Izuchenie vliianiia konstruktsii raspyliaiushchego ustroistva na kachestvo napylenogo sloia [Studying the influence of spray device designs on the quality of the sprayed layer]. Proceeding from *Universitetskaia nauka – 2017: Mezhdun. nauch.-tekhn. konf. – University Science – 2017: Int. scientific and technical Conf. (Mariupol, May 18-19, 2017)* (Vol. 2, pp. 86-87). Mariupol: State Higher Educational Institution “PSTU” [in Russian].
10. Zakharova, I. V., Roianov, V. O., Kriuchkov, M. S. (2019). Vpliv pulsuiuchogo rozpiliuvalnogo potoku na effektivnist vikoristannia elektrodov, pri utvorenni pokrittiv. [Introducing a pulsating rospiliuval flow to the efficiency of the electrical circuits, with the approved coverage]. Proceeding from *IV Mizhnarodna naukovopraktichna konferentsiia «Topical issues of the development of modern science» – Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference «Topical issues of the development of modern science»* (Sofia, Bulgaria, December 11-13) (pp. 88–94). Sofia [in Ukrainain].
11. Zakharova, I. V., Roianov, A. O., Kriuchkov, M. S. (2019). Vpliv chastoti pulsatsii na mitenist zchepлення pokrittia z osnovoiu. [Influence of the frequency of ripples on the strength of adhesion of the coating to the substrate]. *The 16th International conference «Science and society» (December 27)* (pp. 6–11). Accent Graphics Communications & Publishing, Hamilton, Canada [in Ukrainain].

UDC 621.798.927

Irina Zakharova, Vyacheslav Royanov

OBJECTIVE REASONING OF PULSATOR DESIGN FEATURES FOR THE PROVISION OF PULSATING SPRAYING AIR FLOW DURING ARC METALLIZATION

Relevance of the topic of study. In global practice, more than 50 % of the metal coatings are applied by the method of electric arc metallization, which has the following advantages: high productivity, ease of use of equipment, low power consumption, the ability to obtain coatings with high-performance properties through the use of non-deficient and inexpensive wires industrial production.

Problem setting. During arc spraying, intensive oxidation of the metal, which is sprayed by ambient oxygen, takes place, which leads to significant burnout of alloying elements and significantly reduces the quality of the applied coating.

Analysis of recent studies and publications. A number of scientific works are aimed at improving the design of spray heads of electric arc metallizers, which involves improving the design of the air nozzle through the use of inserts and devices that provide a change in the air-spraying flow, and leads to a significant increase in the cost of the process.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Identification of previously unexplored parts of the general problem. Conventional spray heads do not significantly reduce the oxidative effect of spraying air and do not provide resource saving by reducing the consumption of spraying air and electricity consumption for its production.

Thus, **the purpose of the research** is to reduce the oxidation of metal particles during arc metallization to obtain coatings with mentioned properties and to achieve resources saving.

The statement of basic materials. In order to reduce the oxidative effect of air-spraying jet on the liquid metal of electrodes, the method of pulsating air supply to the electrode melting zone is developed. This study presents the device for the creation of a pulsating spraying airstream at electrode spraying.

The article's summary. It is shown that changes by several times in the air volume and oxygen mass of the spray stream are observed when using different cross-sections of the pulsator valve to create a pulsating spray stream for arc metallization.

Keywords: productivity; arc spraying; pulsating jet; coating; adhesion strength.

Fig.: 5. References: 11.

Захарова Ірина В'ячеславівна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Автоматизація та механізація зварювального виробництва», ЗВО Приазовський державний технічний університет (вул. Університетська, 7, м. Маріуполь, 87555, Україна).

Zakharova Irina – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Automation and Mechanization of Welding Production, State Higher Educational Institution «Priazovskiy State Technical University» (7 Universytetska Str., 87555 Mariupol, Ukraine).

E-mail: Zsv-73@i.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3492-0134>

Роянов В'ячеслав Олександрович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри «Автоматизація та механізація зварювального виробництва», Почесний професор ДГМА, почесний громадянин міста Маріуполь, ЗВО Приазовський державний технічний університет (вул. Університетська, 7, м. Маріуполь, 87555, Україна).

Royanov Vyacheslav – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Department of Automation and Mechanization of Welding Production, Honorary professor of DGMA, honorary citizen of the city of Mariupol, State Higher Educational Institution «Priazovskiy State Technical University» (7 Universytetska Str., 87555 Mariupol, Ukraine).

E-mail: rva-41@i.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5379-9096>