ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2020. No. 1 (11)

УДК 621.798.927 DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2020.11.114

І. В. Захарова, В. О. Роянов, О. М. Серенко

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРАКТИЧНА РОЗРОБКА ПРОЦЕСУ ДУГОВОГО НАПИЛЕННЯ З ПУЛЬСУЮЧИМ РОЗПИЛЮВАЛЬНИМ ПОТОКОМ ПОВІТРЯ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОКРИТТІВ

Предметом дослідження є інтенсивне окислення металу, який розпилюється в процесі дугової металізації, за рахунок кисню повітря, що призводить до значного зменшення вмісту легуючих елементів в покритті і відповідно погіршує якість напиляного шару. Цьому питанню приділяли увагу і інші автори наукових публікацій, які пропонували використання гасу, пропано-повітряної суміші, інертних газів в якості транспортуючого газу, але ці рішення приводили до значного подорожчання процесу дугової металізації, і частіше за все не мали кількісних розрахунків впливу на якість покриттів або носили приблизний характер. **Метою** роботи було вибрано обґрунтування підвищення якості покриттів за рахунок зниження негативного впливу кисню повітря при дуговій металізації шляхом застосування пульсуючого розпилювального потоку повітря. З метою зниження окисного впливу повітряно-розпилювального струменя на рідкий метал електродів запропонований метод пульсуючої подачі повітря в зону плавлення електродів шляхом введення додаткового елементу - клапана пульсатора в розпилювальну систему електродугового металізатора. **Завданням** даної статі являється визначення та вибір конструкції пристрою – клапана пульсатора для створення керованого пульсуючого розпилювального потоку з певними імпульсами при дугового металізації. Для виконання поставленого завдання в роботі використовувались **методи** математичного аналізу і практичні розробки – наведені дані по наявності пульсацій повітряного потоку зафіксовані осцилографом. Таким чином, теоретичне обґрунтування застосування клапана пульсатора підтверджено практичними результатами. На основі представленого аналізу отримані **результати**, які дозволили визначити оптимальне конструктивне виконання пристрою для отримання пульсацій, задля максимального зниження впливу потоку, який транспортує частинки (саме кисню повітря) матеріалу електродів, які розпилюються. **Висновки** щодо роботи: використання пульсуючого розпилювального струменя повітря при нанесенні покриттів методом дугової металізації, дозволить зменшити вигоряння легуючих елементів, таких як марганець, кремній, збільшити вміст вуглецю в нанесеному покритті, що відповідно покращить якість відновлених деталей.

Ключові слова: легуючі елементи; кисень; дугова металізація; пульсуючий потік повітря; електроди; клапан-пульсатор; покриття; математичне моделювання.

Вступ

В даний час відсутні системні рішення щодо запобігання, при дуговій металізації, інтенсивного вигоряння з металу легуючих елементів і насичення шару, що наноситься, газами атмосфери. Зазначені процеси призводять до зміни хімічного складу, зниження концентрації легуючих елементів, надмірного вмісту оксидів в покритті, що значно знижує якість та працездатність відновлених деталей.

Застосування пульсуючого розпилювального струменя, що розглядається в даній роботі, дозволить істотно знизити вигоряння вуглецю і легуючих елементів в нанесеному покритті, результати досліджень з даного питання представлені в статті [9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У схемах процесу дугового металізації в якості транспортуючого газу використовується стиснене повітря або нейтральні і відновні газові суміші. Розпилення стисненим повітрям забезпечує стабільний розпил металу, що плавиться, проте якість покриття не дуже висока через велику кількість пір і оксидів [10]. Використання при металізації для розпилення інертних газів [5, 7] нетехнологічне через їх високу вартість. Перспективною є використання суміші "стиснене повітря вуглеводні".

За такого варіанту пропонується, наприклад, використовувати в суміші з повітрям метан [8, 4]. У ВНІІТУВІД "Ремдеталь" запропоновано в якості вуглеводнів використовувати гас [11]. В. Е. Барановським запропоновано в якості транспортуючого газу використовувати продукти згоряння пропаноповітряної суміші [1, 2, 3]. Однак в цих роботах кількісні розрахунки або відсутні взагалі [5, 8] або носять приблизний характер [1, 11]. Це не дозволяє повною мірою реалізувати переваги обраної схеми.

Таким чином, для зниження ефекту вигорання легуючих елементів запропоновані прийоми використання в якості транспортуючого середовища різних сумішей газів, різних видів конструкцій розпилювальних сопел. Однак мета досягається за рахунок підвищення собівартості покриттів і ускладнення апаратури і обладнання.

Авторами, задля підвищення якості покриттів та вирішення проблеми вигорання легуючих елементів під час транспортування розплавленого металу електродів потоком повітря, запропоновано пульсуючий розпилювальний потік для відділення і транспортування матеріалу, що розпилюється з поверхні торців електродів. Представлено принцип і розроблено обладнання для отримання керованого пульсуючого розпилювального потоку.

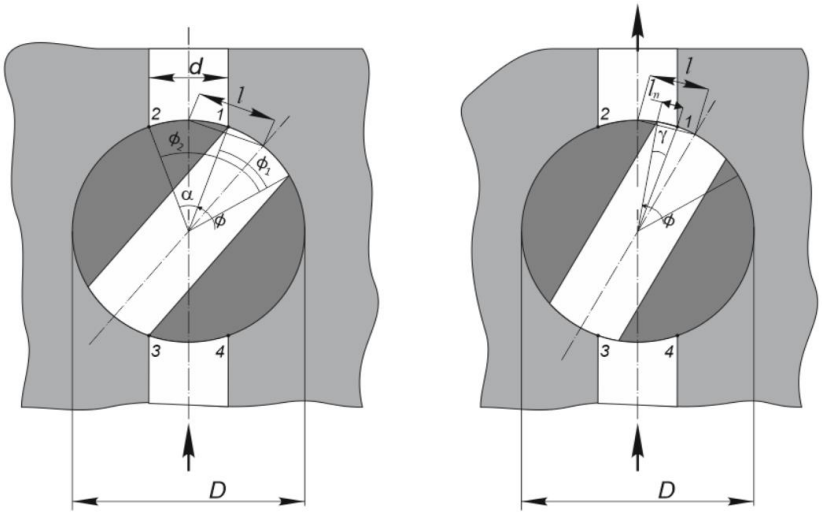
Конструктивно пульсуючий пристрій (надалі пульсатор) являє собою циліндричний корпус з вхідним і вихідним патрубком для підведення і виведення стисненого повітря, всередині якого встановлено вал з отвором і можливістю обертання.

У даній роботі було проведено математичний аналіз та моделювання перекриттів клапана

© І. В. Захарова, В. О. Роянов, О. М. Серенко, 2020

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2020. № 1 (11) ISSN 2524-2296 (online)

пульсатора і сопла різних форм з використанням програми Mathcad (рис. 1) і дослідження імпульсів, одержуваних при прямокутному прохідному перерізі (рис. 5).



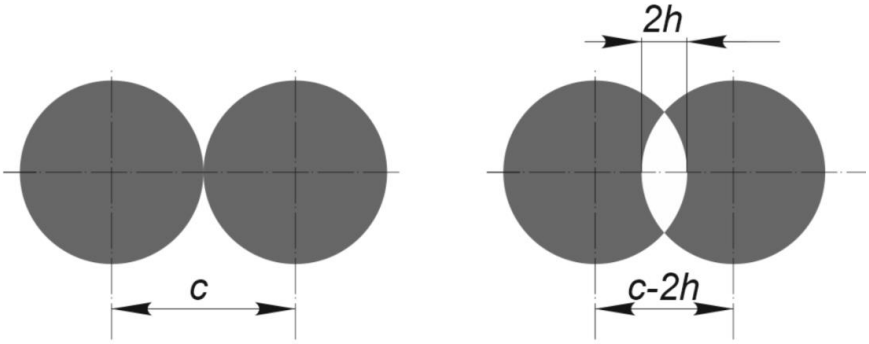
1, 2, 3, 4 – точки дотику клапана пульсатора
Рис. 1. Схема початкового і подальшого положення ротаційного клапана пульсатора

$$\varphi_1 = \frac{\pi - \alpha}{2}; \varphi_2 = \frac{\pi + \alpha}{2}; \varphi_2 = \frac{3\pi - \alpha}{2}; \varphi_2 = \frac{3\pi + \alpha}{2};$$

$\varphi, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ – кути повороту клапана пульсатора, відповідно (α –кут сегменту с вершинами у крапках 1, 2; l – хорда сегменту; $l_П$ – шаг обертання клапана; γ – кут перекриття каналу; d – діаметр каналу, рівний діаметру вхідного та вихідного отворів; D –діаметр клапану пульсатора, що перекриває вхідний та вихідний отвір.

Змінюючи крок і кут повороту пульсатора, визначаємо кут перекриття площ отворів клапана пульсатора і сопла (вхідний і вихідний отвір).

Перший варіант отворів: перетину "коло - коло".



c – відстань між центрами отворів; 2h– величина перекриття отворів
Рис. 2. Схема перекриття отворів з перетинами "коло - коло"

На рис. 3 представлений графік зміни площі перекриття при обороті клапана 3600. Наявність паузи між імпульсами обумовлено конструкцією сопла.

Були побудовані і представлені графіки залежності площі перекриття h та кута перекриття β при торканні в точці 2, рис. 4, 5.

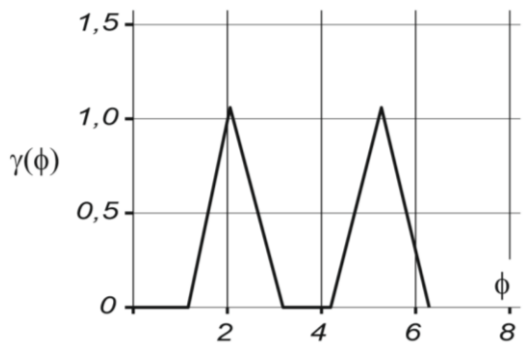


Рис. 3. Графік зміни площі перекриття

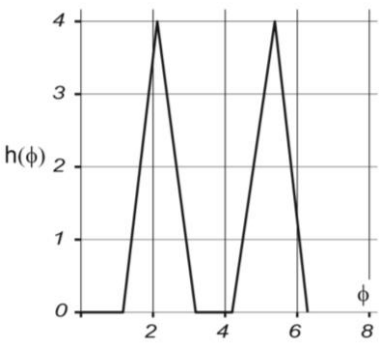


Рис. 4. Графік залежності площі перекриття h при торканні в точці 2 від кута оберту клапана пульсатора

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2020. No. 1 (11)

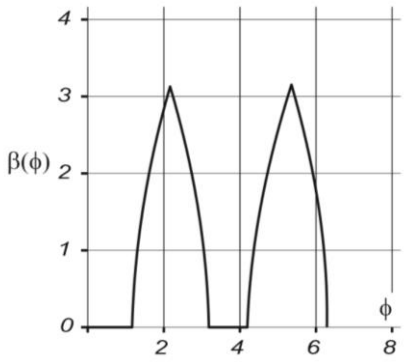
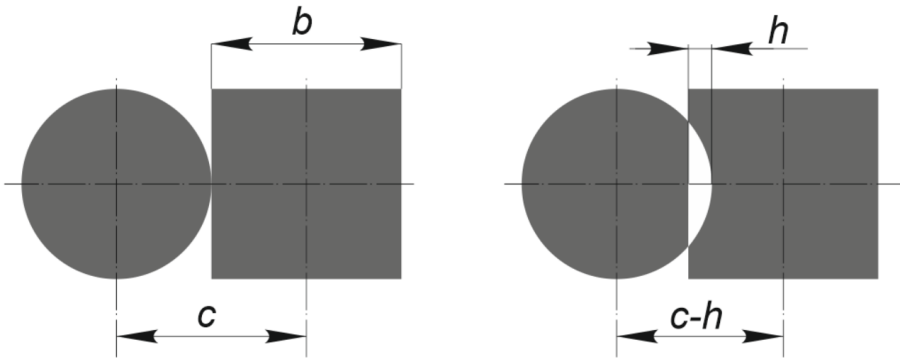


Рис. 5. Графік залежності кута перекриття β при торканні в точці 2 від кута оберту клапана пульсатора

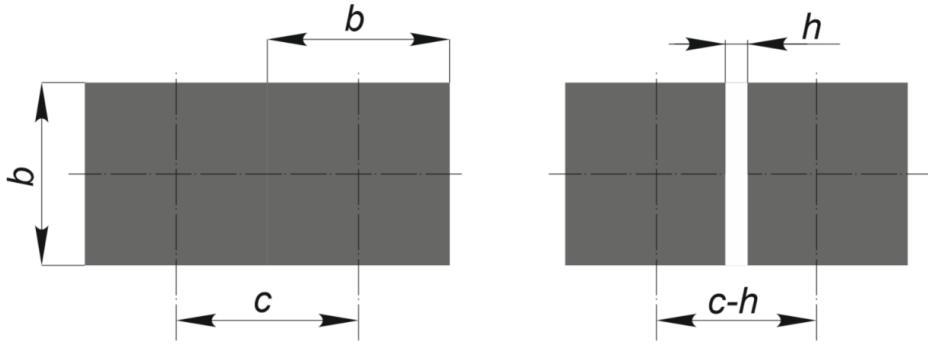
Аналогічні розрахунки проведені для інших форм отвори клапана пульсатора і отвору сопла.

Другий варіант отворів: перетину "коло - квадрат", рис. 6.



b – розміри сторін квадрату; *c* – міжосьова відстань; *h* – площа перекриття
Рис. 6. Схема перекриття отворів з перетинами "коло - квадрат"

Третий вариант отверстий: сечения "квадрат– квадрат", рис. 7.



b – розміри сторін квадрату; c – міжосьова відстань; h – площа перекриття
Рис. 7. Схема перекриття отворів з перетинами "квадрат– квадрат"

Площі перекриття для перетинів різної форми представлені на графіках, рис 8, 9, 10.

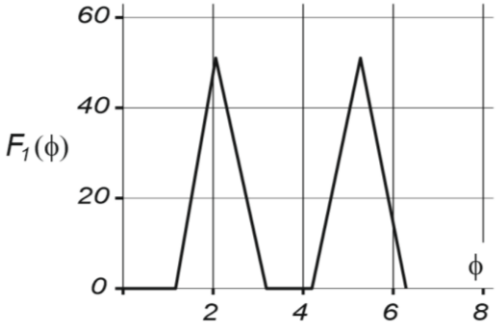


Рис. 8. Площа перекриття для перетину "коло – коло"

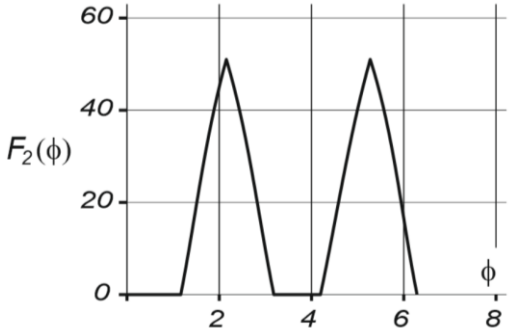


Рис. 9. Площа перекриття для перетину "коло – квадрат"

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2020. № 1 (11) ISSN 2524-2296 (online)

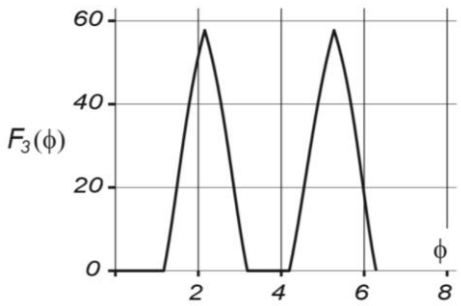


Рис. 10. Площа перекриття для перетину "квадрат-квадрат"

Для цих варіантів величина площі склала: перетин "коло-коло" P_1 = 92,04 мм^2; перетин "коло-квадрат" P_2 = 46,02мм^2; перетин "квадрат-квадрат" P_3 = 121,6мм^2.

Провівши аналіз, можна зробити висновок, що максимальна площа перекриття характерна для випадку квадрат-квадрат, але при цьому даний варіант має складності конструктивного виконання.

В роботі також наведено експериментальні дослідження залежності витрати повітря через прохідний перетин клапана пульсатора. Дослідження проводилися за допомогою пластини і тензодатчика.

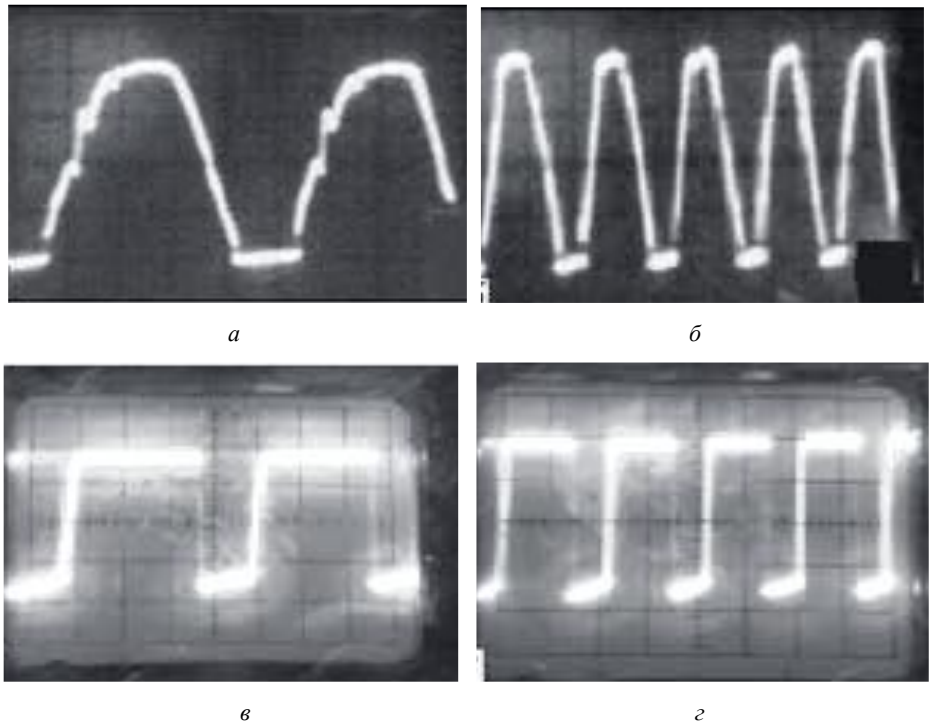
Характер зміни імпульсів витрати повітря наведено на рис. 11 для двох випадків форми перетину прохідного каналу пульсатора.

Характер графічних ліній контурів імпульсу витрати повітря відрізняється від контурів (характеру) імпульсу теоретичних досліджень виду конструктивних особливостей досвіду, однак носить імпульсний характер відповідної форми [12, 13, 14].

При розробці пристрою досліджували ефективність динамічного напору струменя і форму імпульсів в залежності від прохідного перетину каналу сопла металізатора.

Експериментальні (практичні) виміри форми імпульсів і динамічного напору в залежності від частоти здійснювали методом впливу розпилювального струменя на металеву пластинку, на якій встановлювали тензодатчик.

Сигнали з тензодатчика реєстрували за допомогою осцилографа, рис. 11.



а *б*

в *г*

30 Гц. (а), 65 Гц. (б) – круглий перетин, 40 (в), 75 (г) Гц. – прямокутний перетин

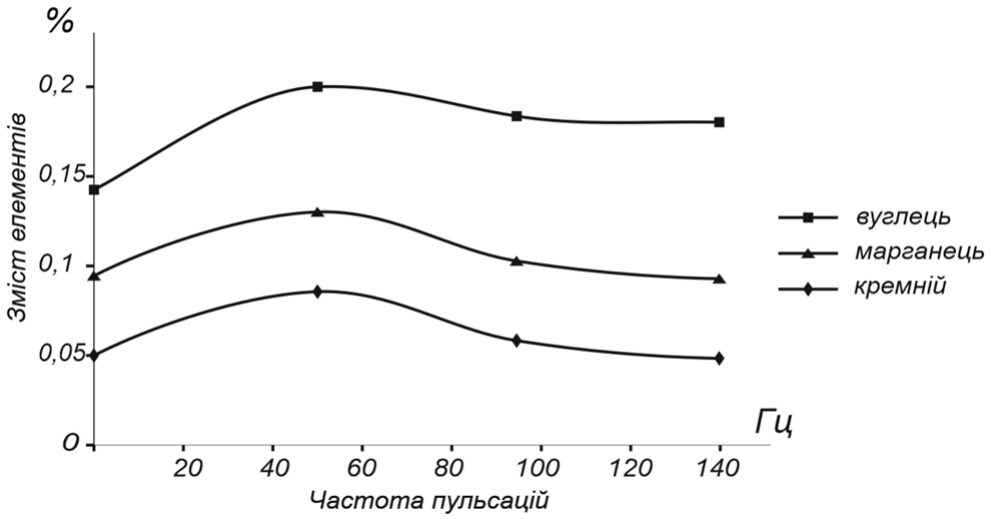
Рис. 11. Зміни динамічного напору струменя в залежності від застосовуваного прохідного перетину сопла з частотою пульсацій

Таким чином, з наведених осцилограм видно, що розпилювальний струмінь носить пульсуючий характер з часовими проміжками, рис. 11.

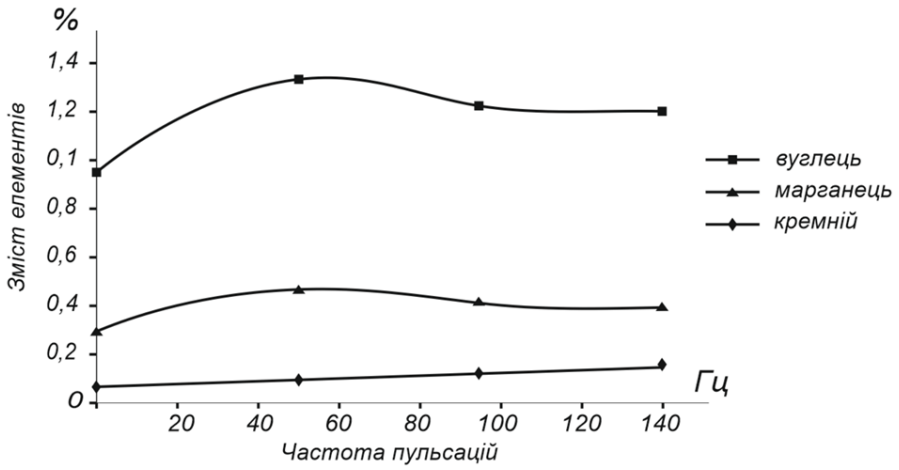
Як показали дослідження, застосування різного прохідного перетину каналу сопла дозволяє змінювати і характер наростання самого імпульсу. При використанні прямокутного перетину прохідного каналу має місце зростання і падіння напору струменя, синусоїдальність відсутня. Загальним для сінусоподібної і прямокутної форм перекриття (рис. 11 в, г) є наявність паузи в розпиленні, що необхідна для утворення рідкого металу на торці електродів.

Також авторами проведено аналіз хімічного складу покриттів, отриманих методом дугової металізації з використанням різної частоти пульсацій при подачі повітря. Вплив частоти пульсацій розпилювального повітряного струменя на хімічний склад покриттів представлено на графиках [14, 15, 16].

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2020. No. 1 (11)



а



б

Рис. 12. Вплив частоти пульсацій розпилюючи повітряного струменя на хімічний склад покриттів для різних дротів: а – дріт Св-08А; б – дріт 12Х18Н10Т

Авторами було застосовано практичне використання клапана пульсатора (з регулюванням частоти пульсацій у діапазоні 0 – 120 Гц.) при дуговому напиленні матеріалів Св-08А, 12Х18Н10Т, проведено хімічний аналіз складу отриманих покриттів і на основі результатів збудовано графіки.

Представлені графіки (рис. 12) показують, що при використанні пульсуючого повітряно-розпилювального струменя має місце збільшення вмісту легуючих елементів в покритті. Так, при частоті пульсацій 43 Гц. вміст вуглецю зростає на 38%, марганцю на 46%, кремнію на 42% для дроту Св-08А (рис. 12, а) у порівнянні з напиленням покриттям без пульсацій. Аналогічне збільшення вмісту елементів спостерігається і в напилених покриттях при використанні дроту 12Х18Н10Т (рис. 12, б). Оптимальною частотою пульсацій є діапазон ≈60 Гц., спостерігається мінімальне окислення елементів. При збільшенні частоти понад 80 Гц, спостерігається деяке збільшення втрат, тому що збільшується час взаємодії рідкого металу з киснем повітряно-розпилювального струменя.

Висновки

Проведено математичний аналіз та моделювання процесу руху повітряного потоку з використанням принципу положень ротаційного клапана.

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

При використанні пульсуючого повітряно-розпилювального струменя має місце збільшення вмісту легуючих елементів в покритті: вміст вуглецю зростає на 38%, марганцю на 46%, кремнію на 42% для дроту Св-08А у порівнянні з напиленим покриттям без пульсацій. Аналогічне збільшення вмісту елементів спостерігається і в напилених покриттях при використанні дроту 12Х18Н10Т.

Таким чином метод пульсуючої подачі повітря при дуговій металізації дозволяє підвисити якість отриманих покриттів, знизити витрату розпилювального повітря.

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2020. № 1 (11) *ISSN 2524-2296 (online)*

Список літератури

1. Барановский В. Э. Разработка технологии процесса нанесения антифрикционных покрытий активированной дуговой металлизацией : автореф. диссер. канд. техн. наук. Минск, 1986. С. 16.
2. Xiaoou H, Yufen L. The current situation and future of thermal industry in China. Thermal Spray Solutions. Advance in Technology and Application Proc. Of ITSC-2004. Osaka, Japan, 2009.
3. Sundararajan G., Mahajan Y. R, Joshi S. V. Thermal spraying in Indian: status and prospects. Expanding thermal spray performance to new markets and application. Proc. of ITSC-2009. Las-Vegas, USA, 2009. P. 511–516.
4. Вахалин В. А., Масленков С. Б., Кудинов В. В. Процесс плавления и распыления материала электродов при электродуговой металлизации. *Физика и химия обработки материалов*. 1981. № 3. С. 58–63.
5. Коробов Ю. С., Изоитко В. М., Прядко А. С. Восстановление деталей методом активированной дуговой металлизации. *Автомобильная промышленность*. 2000. № 1. С. 23–24.
6. Алхимов А. П., Косарев В. Ф., Плохов А. В. Научные основы технологии холодного газодинамического напыления (ХГН) и свойства напыленных материалов. Новосибирск : НГТУ, 2006. 280 с.
7. Коробов Ю. С., Шумяков В. И., Прядко А. С. Рациональный подход к восстановлению деталей оборудования газотермическим напылением. *Ремонт, восстановление, модернизация*. 2013. № 3. С. 17–21.
8. Вахалин В. А., Масленков С. Б., Кудинов В. В. Процесс плавления и распыления материала электродов при электродуговой металлизации. *Физика и химия обработки материалов*. 1981. № 3. С. 58–63.
9. Роянов В. А., Бобиков В. И. Устройство для электродуговой металлизации с пульсирующим режимом истечения воздушно-распыляющей струи. *Сварочное производство*. 2015. № 4. С. 12–15.
10. Катц Н. В., Антошин Е. В., Вадивасов Д. Г. Металлизация распылением. М. : Машиностроение, 1966. 200 с.
11. Лялякин В. П., Саблуков А. С., Литовченко Н. Н. Исследование процесса динамического диспергирования металла при электродуговой металлизации. *Сварочное производство*. 2000. № 1. С. 16–24.
12. Роянов В. А., Захарова И. В., Крючков Н. С. Снижение воздействия кислорода на жидкий металл при электродуговом напылении пульсирующей струей воздуха. *World Sience*. № 5 (45). DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/31052019/6508
13. Royanov V., Zakharova I., Lavrova E. Developmen to fproperties of spray flowand nature of pressure distributionin electric arc metalization. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. № 6/5 (90). С. 41–49. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118252
14. Роянов В. А., Захарова И. В. Энерго и ресурсосбережение при электродуговом напылении покрытий : Монография. ГВУЗ "ПГТУ", ПРАТ газета "Приазовский рабочий". Мариуполь, 2018. 143 с.
15. Роянов В. А., Захарова И. В., Крючков Н. Изучение влияния конструкций распыляющего устройства на качество напыленного слоя. Университетская наука – 2017: Междун. науч.-техн. конф. Приазовский государственный технический университет, Мариуполь, 18-19 мая 2017. Мариуполь : ГВУЗ "ПГТУ", 2017. Т. 2. С. 86–87.
16. Захарова І. В., Роянов В. О., Крючков М. С. Вплив пульсуючого розпилювального потоку на ефективність використання електродів, при утворенні покриттів. Матеріали 4 міжнародної науково-практичної конференції "Topical is sues of the developmen to fmodern science". София, Болгария, 11-13 грудня, 2019. С. 88–94.

References

1. Baranovskii, V. E. (1986), Development of technology for the application of antifriction coatings by activated arc metallization [Razrabotka tekhnologii protcessa naneseniia antifriktcionnykh pokrytii aktivirovannoi dugovoi metallizatciei] : avtoref. disser. kand. tekhn. nauk., Minsk, P. 16.
2. Xiaoou, H, Yufen, L. (2009), "The current situation and future of thermal industry in China", *Thermal Spray Solutions, Advance in Technology and Application Proc. Of ITSC-2004*, Osaka, Japan.
3. Sundararajan, G., Mahajan, Y. R, Joshi, S. V. (2009), "Thermal spraying in Indian: status and prospects", *Expanding thermal spray performance to new markets and application, Proc. of ITSC-2009*, Las-Vegas, USA, P. 511–516.
4. Vakhalin, V. A., Maslenkov, S. B., Kudinov, V. V.(1981), "The process of melting and atomization of the electrode material in electric arc metallization" ["Protcess plavleniia i raspyleniia materiala elektrodov pri elektrodugovoi metallizatcii"], *Fizika i khimiia obrabotki materialov*, No. 3, P. 58–63.
5. Korobov, Iu. S., Izoitko, V. M., Priadko, A. S. (2000), "Restoration of parts by activated arc metallization method" ["Vosstanovlenie detalei metodom aktivirovannoi dugovoi metallizatcii"], *Avtomobilnaia promyshlennost*, No. 1, P. 23–24.
6. Alkhimov, A. P., Kosarev, V. F., Plokhov, A. V. (2006), *Scientific basis of cold gas-dynamic spraying (CGN) technology and properties of sprayed materials* [Nauchnye osnovy tekhnologii kholodnogo gazodinamicheskogo napyleniia (KhGN) i svoistva napylennykh materialov], Novosibirsk, NGTU, 280 p.
7. Korobov, Iu. S., Shumiakov, V. I., Priadko, A. S. (2013), "A rational approach to the restoration of parts of equipment by thermal spraying" ["Ratcionalnyi podkhod k vosstanovleniiu detalei oborudovaniia gazotermicheskim napyleniem"], *Remont, vosstanovlenie, modernizatciia*, No. 3, P. 17–21.
8. Vakhalin, V. A., Maslenkov, S. B., Kudinov, V. V. (1981), "The process of melting and atomization of the electrode material in electric arc metallization" ["Protcess plavleniia i raspyleniia materiala elektrodov pri elektrodugovoi metallizatcii"], *Fizika i khimiia obrabotki materialov*, No. 3, P. 58–63.
9. Roianov, V. A., Bobikov, V. I. (2015), "A device for electric arc metallization with a pulsating regime of the expiration of the air-spray jet" ["Ustroistvo dlia elektrodugovoi metallizatcii s pulsiruiushchim rezhimom istecheniia vozdushno-raspyliaiushchei strui"], *Svarochnoe proizvodstvo*, No. 4, P. 12–15.
10. Kattc, N. V., Antoshin, E. V. Vadivasov, D. G (1966), *Spray metallization* [*Metallizatciia raspyleniem*], Moscow, Mashinostroenie, 200 p.
11. Lialiakin, V. P., Sablukov, A. S., Litovchenko, N. N. (2000), "Investigation of the process of dynamic dispersion of a metal during electric arc metallization" ["Issledovanie protcessa dinamicheskogo dispergirovaniia metalla pri elektrodugovoi metallizatcii"], *Svarochnoe proizvodstvo*, No. 1, P. 16–24.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2020. No. 1 (11)

12. Roianov, V. A. Zakharova, I. V., Kriuchkov, N. S. (2019), "Reducing the effect of oxygen on liquid metal during electric arc spraying with a pulsating air stream" ["Snizhenie vozdeistviia kisloroda na zhidkii metall pri elektrodugovom napylenii pulsiruiushchei struei vozdukha"], *WorldSience*, No. 5 (45). DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/31052019/6508
13. Royanov, V., Zakharova, I., Lavrova, E. (2017), "Developmen to fproperties of spray flowand nature of pressure distributionin electric arc metalization", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, No. 6/5 (90), P. 41–49. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118252
14. Roianov, V. A., Zakharova, I. V. (2018), Energy and Resource Saving in Electric Arc Coating [Energo i resursosberezhenie pri elektrodugovom napylenii pokrytii] : Monograph, GVUZ "PGTU", PRAT gazeta "Priazovskii rabochii", Mariupol, 143 p.
15. Roianov, V. A., Zakharova, I. V., Kriuchkov, N. (2017), "Study of the effect of spray device designs on the quality of the sprayed layer" ["Izuchenie vliianiia konstruktcii raspyliaiushchego ustroistva na kachestvo napylennogo sloia"], *Universitetskaia nauka – 2017: Mezhdun. nauch.-tekhn. konf., Priazovskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, Mariupol, 18-19 May 2017*, Mariupol, GVUZ "PGTU", Vol. 2, P. 86–87.
16. Zakharova, I. V., Roianov, V. O., Kriuchkov, M. S. (2019), "Influence of a pulsating spray stream on the efficiency of the use of electrodes in the formation of coatings" ["Vpliv pulsuiuchogo rozpiliuvalnogo potoku na efektivnist vikoristannia elektrodiv, pri utvorenni pokrittiv"], *Materiali 4 mizhnarodnoї naukovo-praktichnoї konferentciї "Topical is sues of the developmen to fmodern science" Sofiia, Bolgariia, 11-13 December 2019*, P. 88–94.

Надійшла (Received) 28.02.2020

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Захарова Ірина В'ячеславівна – кандидат технічних наук, доцент, Приазовський державний технічний університет, доцент кафедри автоматизації та механізації зварювального виробництва, Маріуполь, Україна; email: Zsv-73@i.ua; ORCID: http://orcid.org/0000-0002-3492-0134.

Захарова Ирина Вячеславовна – кандидат технических наук, доцент, Приазовский государственный технический университет, доцент кафедры автоматизации и механизации сварочного производства, Мариуполь, Украина.

Zakharova Irina – PhD (Engineering Sciences), Associate Professor, Priazovskiy State Technical University, Associate Professor of the Department of Automation and Mechanization of Welding Production, Mariupol, Ukraine.

Роянов В'ячеслав Олександрович – доктор технічних наук, професор, Приазовський державний технічний університет, професор кафедри автоматизації та механізації зварювального виробництва, Маріуполь, Україна; email: rva-41@i.ua; ORCID: http://orcid.org/0000-0001-5379-9096.

Роянов Вячеслав Александрович – доктор технических наук, профессор, Приазовский государственный технический университет, профессор кафедры автоматизации и механизации сварочного производства, Мариуполь, Украина.

Royanov Vyacheslav – Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Priazovskiy State Technical University, Professor of the Department of Automation and Mechanization of Welding Production, Mariupol, Ukraine.

Серенко Олександр Микитович – кандидат технічних наук, професор, Приазовський державний технічний університет, професор кафедри автоматизації та механізації зварювального виробництва, Маріуполь, Україна; email: Zsv-73@i.ua.

Серенко Александр Никитич – кандидат технических наук, профессор, Приазовский государственный технический университет, профессор кафедры автоматизации и механизации сварочного производства, Мариуполь, Украина.

Serenko Alexandr – PhD (Engineering Sciences), Professor, Priazovskiy State Technical University, Professor of the Department of Automation and Mechanization of Welding Production, Mariupol, Ukraine.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА ДУГОВОГО НАПЫЛЕНИЯ С ПУЛЬСИРУЮЩИМ РАСПЫЛЯЮЩИМ ПОТОКОМ ВОЗДУХА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОКРЫТИЙ

Предметом исследования является интенсивное окисление металла, который распыляется в процессе дуговой металлизации, за счет кислорода воздуха, что приводит к значительному уменьшению содержания легирующих элементов в покрытии и соответственно ухудшает качество напыленного слоя. Этому вопросу уделяли внимание и другие авторы научных публикаций, предлагали использование керосина, пропано-воздушной смеси, инертных газов в качестве транспортирующего газа, но эти решения приводили к значительному удорожанию процесса дуговой металлизации, и чаще всего не имели количественных расчетов влияния на качество покрытий или носили приблизительный характер. **Целью** работы было выбрано научное обоснование концепции повышения качества покрытий за счет снижения негативного воздействия кислорода воздуха при дуговой металлизации путем применения пульсирующего распыляющего потока воздуха. С целью снижения окислительного воздействия воздушно-распылительной струи на жидкий металл электродов предложен метод пульсирующей подачи воздуха в зону плавления электродов путем введения дополнительного элемента - клапана пульсатора в распыляющую систему электродугового металлизатора. **Задачей** данной статьи является определение и выбор конструкции устройства - клапана пульсатора для создания управляемого пульсирующего распыляющего потока с определенными импульсами при дуговой металлизации. Для выполнения поставленной задачи в работе использовались **методы** теоретического подхода, а именно математический анализ, а также практические результаты - приведены данные по наличию пульсаций воздушного потока зафиксированы осциллографом. Таким образом, теоретическое обоснование применения клапана пульсатора подтверждено практическими результатами. На основе представленного анализа получены **результаты**, позволили определить оптимальное конструктивное исполнение, что позволяет максимально снизить влияние

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2020. № 1 (11) *ISSN 2524-2296 (online)*

потока, транспортирующего частицы (именно кислорода воздуха) материала электродов, которые распыляются. **Выводы** по работе: использование пульсирующей распыляющей струи воздуха при нанесении покрытий методом дуговой металлизации, позволит уменьшить выгорание легирующих элементов, таких как марганец, кремний, увеличить содержание углерода в нанесенном покрытии, соответственно улучшит качество восстановленных деталей.

Ключевые слова: легирующие элементы; кислород; дуговая металлизация; пульсирующий поток воздуха; электроды; клапан-пульсатор; покрытие; математическое моделирование.

THEORETICAL RESEARCH AND PRACTICAL DEVELOPMENT OF THE ARC SPRAYING PROCESS WITH A PULSATING SPRAY AIR STREAM TO IMPROVE THE QUALITY OF COATINGS

The **subject** of the study is intensive oxidation of metal, sprayed in the process of arc metallization, due to the oxygen in the air, which leads to a significant reduction in the content of alloying elements in the coating and, accordingly, deteriorates the quality of the sprayed layer. Other authors of scientific publications also paid attention to this issue, proposed the use of kerosene, propane and air mixture, inert gases as a transport gas, but these solutions led to a significant increase in the cost of the arc metallization process, and most often had no quantitative calculations of the impact on the quality of coatings or were approximate. The **aim** of the work was to scientifically substantiate the concept of quality of coatings by reducing the negative impact of air oxygen during arc metallization through the use of a pulsating spray airflow. 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 by introducing an additional element - pulsator valve in the spray system of electroarc metallizer was proposed. The **task** of this article is to define and select the design of the device - pulsator valve for creating a controlled pulsating spray flow with certain impulses during arc metallization. The methods of theoretical approach, namely, mathematical analysis, were used to accomplish the task in this paper, as well as practical results – data on the presence of airflow pulsations recorded by an oscilloscope. Thus, the theoretical justification of the pulsator valve application is confirmed by practical results. Based on the presented analysis the **results** were obtained, which allowed to determine the optimal design, and allows minimizing the impact of the particles (namely oxygen in the air) transporting flow on the material of the electrodes that are sprayed. **Conclusions**: the use of a pulsating spray airflow during the application of coa tings by arc metallization method will reduce the burnout of alloying elements such as manganese, silicon, increase the carbon content in the applied coating, therefore improving the quality of the restored parts.

Keywords: alloying elements; oxygen; arc metallization; pulsating airflow; electrodes; pulsator valve; coating; mathematic modeling.

Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Захарова І. В., Роянов В. О, Серенко О. М. Теоретичні дослідження та практична розробка процесу дугового напилення з пульсуючим розпилювальним потоком повітря з метою підвищення якості покриттів. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2020. № 1 (11). С. 114–121. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2020.11.114.

Zakharova, I., Royanov, V., Serenko, A. (2020), "Theoretical research and practical development of the arc spraying process with a pulsating spray air stream to improve the quality of coatings", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (11), P. 114–121. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2020.11.114.