

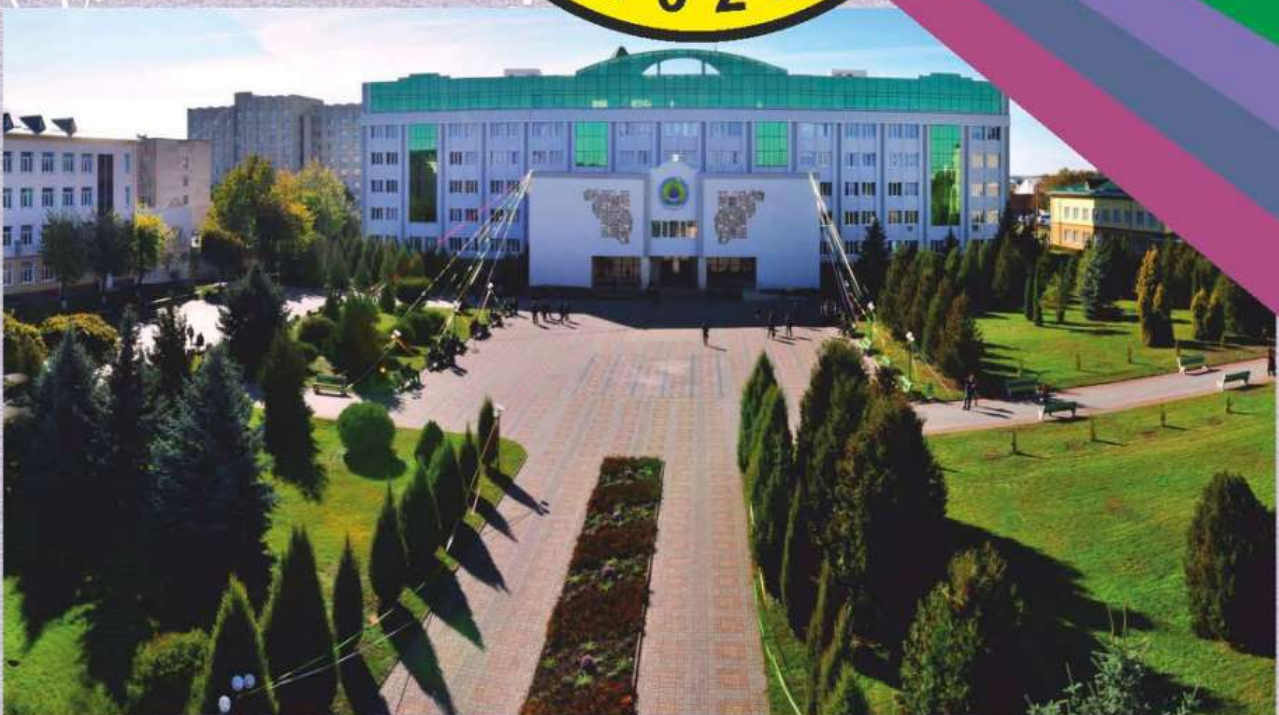
Всеукраїнський науково-технічний журнал

Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2306-8744

DOI: 10.37128/2306-8744-2022-3

Вібрації в техніці та технологіях

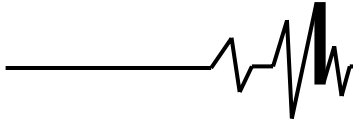


Всеукраїнський науково-технічний журнал
Ukrainian Scientific & Technical Journal

Вібрації в техніці та технологіях

№ 3 (106)

Вінниця 2022

**ВІБРАЦІЇ В
ТЕХНІЦІ ТА
ТЕХНОЛОГІЯХ**

Журнал науково-виробничого та навчального
спрямування Видавець: Вінницький національний
аграрний університет

Заснований у 1994 році під назвою “Вібрації в техніці та
технологіях”

Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової
інформації

КВ № 16643-5115 ПР від 30.04.2010 р.

Всеукраїнський науково-технічний журнал “Вібрації в техніці та технологіях” / Редколегія: Калетнік Г.М. (головний редактор) та інші. – Вінниця, 2022. – 3 (106) – 87 с.

Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету (протокол № 6 від 23.12.2022 р.)

Періодичне видання включено до Переліку наукових фахових видань України з технічних наук (Категорія «Б» Наказ Міністерства освіти і науки України від 02.07.2020 р. № 886)

Головний редактор

Калетнік Г.М. – д.е.н., професор,
академік НААН України, Вінницький
національний аграрний університет

**Заступник головного
редактора**

Адамчук В.В. – д.т.н., професор, академік
НААН України, Національний науковий
центр “Інститут механізації та електрифікації
сільського господарства”

Відповідальний секретар

Солона О.В. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Члени редакційної колегії

Булгаков В.М. – д.т.н., професор, академік
НААН України, Національний університет
біоресурсів і природокористування України

Граняк В.Ф. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Деревенько І. А. – к.т.н., доцент,
Національний університет «Львівська
політехніка»

Зіньковський А.П. – д.т.н., професор,
Інститут проблем міцності імені Г. С.
Писаренка НАН України

Купчук І.М. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Матвеев В.В. – д.ф.-м.н., професор,
академік НАН, Інститут проблем міцності
імені Г.С. Писаренка НАН України

Полєвода Ю.А. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Севостьянов І.В. – д.т.н., професор,
Вінницький національний аграрний
університет

Твердохліб І.В. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Токарчук О.А. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Цуркан О.В. – д.т.н. доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Зарубіжні члени редакційної колегії

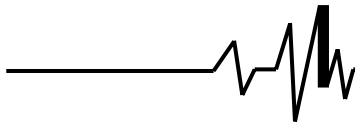
Максімов Джордан Тодоров – д.т.н., проф., Технічний Університет Габрово (Болгарія)

Технічний редактор **Мельничук С.В.**

Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний
університет, тел. 46 – 00– 03

Сайт журналу: <http://vibrojournal.vsau.org/>

Електронна адреса: vibration.vin@ukr.net

**З М І С Т****1. ТЕОРІЯ ПРОЦЕСІВ ТА МАШИН***Калетнік Г.М., Яропуд В.М.***РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ У ВЕНТИЛЯЦІЙНІЙ СИСТЕМІ ТВАРИНИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ5***Севостьянов І.В.***РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРОСУШАРКИ ДЛЯ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ВОЛОГИХ ДИСПЕРНИХ ВІДХОДІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ13***Котов Б.І., Степаненко С.П., Грушецький С.М., Грищенко В.О.***МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СЕПАРАЦІЇ ЗЕРНА ЗА ГУСТИНОЮ В КОМБІНОВАНОМУ ВІБРОПНЕВМАТИЧНОМУ ТА ПОВІТРЯНО-ГРАВІТАЦІЙНОМУ АГРЕГАТІ22***Коруняк П.С., Шеремета Р.Б., Швець О.П., Березовецький С.А.***ВЕРТИКАЛЬНИЙ ВІБРАЦІЙНИЙ ПЕРЕСУВНИЙ ПРИСТРІЙ29***Швець О.П., Коруняк П.С., Баранович С.М., Березовецький С.А.***ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВІБРАЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА36***Остапенко Ж.І.***МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ В АКУСТИЧНОМУ ЕКСТРАКТІ44****2. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА***Веселовська Н.Р., Богатюк.***ВПЛИВ ЛЕГУЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ ТА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НЕЩОДАВНО ВИГОТОВЛЕНИХ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ AL, ОТРИМАНИХ ТРАДИЦІЙНИМ ПРОЦЕСОМ ЛИТТЯ49***Шаргородський С.А., Руткевич В.С., Ящук Є.О.***МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОПРИВОДА ПЕРЕВЕДЕННЯ ШИРОКОЗАХВАТНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО АГРЕГАТУ ІЗ ТРАНСПОРТНОГО ПОЛОЖЕННЯ У РОБОЧЕ54***Гайдамак О.Л., Кучеренко Ю.С.***ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ ГАЗОДИНАМІЧНОГО НАПИЛЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПОЛІМЕРНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ64***Солона О.В., Мельник О.С.***МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН В ЗАКРИТОМУ ҐРУНТІ72****3. ПЕРЕРОБНІ ТА ХАРЧОВІ ВИРОБНИЦТВА***Солона О.В., Замрій М.А.***ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШАРКИ НАСІННИКІВ ТРАВ78**

**Гайдамак О.Л.**

к.т.н., доцент

Кучеренко Ю.С.

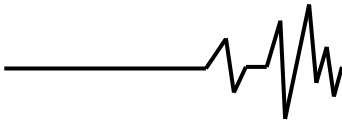
аспірантка

***Вінницький національний
аграрний університет*****Gaidamak O.**Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor**Kucherenko Y.**

postgraduate student

***Vinnitsia National Agrarian
University*****УДК 621.3.035.183****DOI: 10.37128/2306-8744-2022-3-9****ДОСЛІДЖЕННЯ ТА
МОДЕРНІЗАЦІЯ
ГАЗОДИНАМІЧНОГО
НАПИЛЮВАЛЬНОГО
ПРИСТРОЮ ДЛЯ
СТВОРЕННЯ ПОЛІМЕРНИХ
ФУНКЦІОНАЛЬНИХ
ПОКРИТТІВ**

В статті проаналізовано різні методи створення полімерних покриттів. Найбільшого розповсюдження у виробництві отримали такі методи нанесення полімерних порошкових матеріалів, а саме у псевдо зрідженому стані, електростатичне, термоструменеве, газополуменеве. Кожен з перерахованих методів має свої особливості та переваги і недоліки, які визначають область їх використання виходячи із параметрів об'єктів, що підлягають покриттю, їх конструкцій та особливостей, умов майбутньої експлуатації, а також необхідної товщини полімерного шару покриття. Єдиним чинником, що об'єднує всі способи, є термічний вплив в процесі створення полімерного покриття, який є необхідним для утворення міцного адгезійного зв'язку покриття з підкладкою. В статті показано результати дослідження можливості використання пристрою для газодинамічного нанесення металевих покриттів для створення полімерних покриттів, та його модернізація з метою усунення виявлених недоліків та досягнення оптимальних умов формування полімерних функціональних покриттів. Проаналізовано можливість швидкісного режиму нанесення покриття і його вплив на формування покриття. Показана будова досліджуваного газодинамічного пристрою для нанесення покриттів, який містить електронагрівач потоку стиснутого повітря, та сопловий вузол для прискорення нагрітого стиснутого повітря в якому за рахунок ефекту ежекції всмоктується та прискорюється розплавлений полімерний матеріал який може бути у вигляді дрібнодисперсного порошку або у вигляді суцільного дротика у найгарячішу зону з температурою близько 350 °С, що сприяє його швидкому розплавленню до рідкого стану, водночас зменшення довжини сопла до 40 мм дозволяю підтримувати температуру полімерного матеріалу на рівні 230 °С, що дозволяє утворити якісне покриття, при цьому тиск повітря знижено з 0,5 МПа до 0,02 МПа. Проведені дослідження показали, що застосування газодинамічного наплення дозволяють значно спростити контроль та регулювання температури нагріву полімерних матеріалів порівняно з газополуменевим



напиленням, за рахунок можливості регулювання температуру повітряного потоку змінюючи сили струму на нагрівальному елементі. Порівняно з технологією створення полімерних покриттів за допомогою порошкових фарб також є значні переваги пов'язані з тим що відпадає необхідність у довготривалому прогріванні цих покриттів у термічних камерах полімеризації. Крім того з'являється можливість нанесення полімерних покриттів на поверхні великогабаритних виробів які не обмежуються розмірами термічних камер.

Ключові слова: газодинамічний пристрій, полімерні покриття.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найбільшого розповсюдження у виробництві отримали такі методи нанесення полімерних порошкових матеріалів: 1 - у псевдо зрідженому стані; 2 - електростатичне; 3 – термоструменеве; 4 – газополуменеве [2]. Кожен з перерахованих методів має свої особливості та переваги і недоліки, які визначають область їх використання виходячи із параметрів об'єктів, що підлягають покриттю, їх конструкцій та особливостей, умов майбутньої експлуатації, а також необхідної товщини полімерного шару покриття. Єдиним чинником, що об'єднує всі способи, є термічний вплив в процесі створення полімерного покриття, який є необхідним для утворення міцного адгезійного зв'язку покриття з підкладкою. Перші два способи можуть бути виконані в умовах підприємства, оскільки вони вимагають проведення комплексу послідовних операцій та потребує наявності спеціальних камер, ванн, печей.

Спочатку з металевих виробів видаляються всі забруднення та оксиди, проводиться знежирення поверхні для покращення якості порошкового фарбування. Часто проводиться піскоструминна обробка. Далі виробу, що обробляється, промиваються і піддаються сушінню. Від ретельності очищення залежить багато - якість шару фарбування, термін служби покриття, антикорозійні властивості.

На очищений металевий виріб здійснюється нанесення шару порошкового ґрунту у спеціальній камері напилення. У ній за допомогою електростатичного розпилювача частинки порошкової фарби електрично заряджаються від зовнішнього джерела або електризацією при терті, а потім електричним полем частинки порошкової фарби переносяться до виробу, що фарбується, який має протилежний заряд.

Під впливом електростатичних сил тяжіння частинки фарби осідають поверхні металевого виробу рівномірним шаром. Ті частинки порошкової фарби, які не осіли на виріб, уловлюються системою очищення

фарбувальної камери напилення і можуть бути використані при повторному напиленні, що неможливо при фарбуванні звичайними рідкими фарбами.

Потім виріб з порошковою фарбою переноситься в камеру полімеризації. Під дією високої температури (150° С - 220° С) частинки порошкової фарби плавляться, утворюючи рівномірне полімерне покриття. Пекти полімеризації неодмінно повинна підтримувати постійну температуру у всій камері оплавлення для рівномірного прогріву поверхонь виробу

Оплавлення порошкових фарб відбувається у три стадії:

- порошок оплавляється і переходить у в'язко-плинний стан;
- утворюється безперервний шар із оплавлених частинок порошку;
- змочується розплавленим полімером, внаслідок чого і формується покриття.

Слід зауважити, що тверда плівка при обробці утворюється в залежності від матеріалу двома способами:

- для термореактивних матеріалів в результаті затвердіння;
- для термопластичних матеріалів внаслідок охолодження.

Найчастіше шар полімерного покриття порошковими фарбами на металевих виробках становить 0,3 мм. Даний метод порошкового фарбування дозволяє отримувати покриття високої якості для складних деталей, а також в місцях з'єднання будь-яких елементів металевих виробів.

Наприклад, литі; автомобільні диски при фарбуванні порошковими фарбами надійно оберігаються від дії кислоти, солей та інших дорожніх реагентів. Крім того, порошкове покриття є міцним і витримує значні удари твердих тіл: каміння, піску та іншого дорожнього сміття.

Водночас слід зауважити що є певні обмеження застосування цих методів. Насамперед це стосується зібраних вузлів, великогабаритних і стаціонарних виробів які неможливо помістити в термічну камеру



полімеризації. В цьому разі можливим рішенням можуть бути методи термоструменевого напилення покриття, які дозволяють створювати полімерне покриття без використання камер полімеризації за одну операцію напилення, що значно скорочує час створення покриття та суттєво зберігає енергетичні ресурси. До термоструменевих методів напилення належать:

- газотермічне (газополуменеве, полум'яне);

- газодинамічне (пневморозпорошення розплавленого полімеру нагрітого стиснутим гарячим повітрям до температури плавлення).

До головних переваг цих методів можна віднести:

- можливість здійснювати напилення на місці експлуатації без демонтажу конструкцій;

- мобільність та компактність обладнання для напилення та гнучкість технології; –простота обслуговування обладнання для напилення;

- можливість створювати шари полімерних матеріалів, що мають високу адгезійну міцність із збереженням експлуатаційних характеристик, належних кожному полімеру [2]. До основних недоліків газополуменевого напилення полімерних порошкових матеріалів можна віднести складність контролю температури нагріву порошкових полімерів. Це пов'язано з тим, що, температура газового полум'я знаходиться в межах 2500-3000 °С, а температура плавлення полімерів знаходиться в межах 100-400 °С, що може призводити до перегріву і згорання порошкового полімеру у газовому полум'ї, ще до того як він потрапить на поверхню яка покривається. До того ж температура газового полум'я є слабо регульованим параметром і залежить від складу горючої газової суміші, в результаті температура нагріву порошкових полімерних частинок залежить від швидкості їх руху в газовому полум'ї, часу перебування у полум'ї та розміру порошкової частинки. Чим дрібніша частинка порошкового полімеру, тим більша вірогідність згорання або її незворотного перетворення і втрати своїх первісних властивостей. Слід також відмітити, що газополуменеве напилення здійснюється в умовах горіння відкритого полум'я, що створює пожежонебезпечну ситуацію. Таким чином метод газополуменевого напилення не знайшов поширеного застосування через такі недоліки, часткова руйнація полімеру у газовому полум'ї і пов'язана з цим зміна фізико-механічних властивостей нанесеного покриття, крім того в результаті горіння полімерних частинок утворюються небезпечні гази які спричиняють важкі санітарно-гігієнічні умови праці, та вимагають необхідність

використання пожежо та вибухобезпечної апаратури.

Газодинамічне напилення це новий метод для створення металевих покриттів з кольорових металів та їх сумішів. Данні в літературі про застосування такого методу для нанесення функціональних антикорозійних, антифрикційних, електроізоляційних та інших полімерних покриттів на сьогодні відсутні.

Існуюче обладнання для газодинамічного напилення [4, 5, 6] призначене для створення металевих покриттів та не пристосоване для створення полімерних покриттів. Використання цього обладнання вимагає певної модернізації для створення оптимальних умов та регулювання параметрів нагрітого стиснутого повітряного, для створення оптимальних можливості для дослідження та створення полімерних покриттів на різних режимах газодинамічного напилення.

Головна відмінність газодинамічного напилення металевих покриттів полягає в тому, що процес створення металевого покриття відбувається при температурах значно менших за температуру плавлення металевого порошку, в той час як нанесення полімерних покриттів вимагає розплавлення полімерного матеріалу, і його нанесення на підкладку у рідкому розплавленому стані.

Таким чином, при формуванні полімерного покриття необхідно створити сприятливі умови для формування функціонального шару якісного монолітного покриття на поверхні металевого виробу, це насамперед, створити оптимальні температурні, та швидкісні параметри газодинамічного напилювального пристрою.

Мета досліджень. Метою роботи є вдосконалення газодинамічного пристрою для створення оптимальних умов нанесення полімерного покриття.

Виклад основного матеріалу. Для дослідження процесу газодинамічного напилення полімерних покриттів застосували дослідний пристрій, принципова схема, якого показана на рисунку 1. Пристрій складається з корпусу 1, що має циліндричний отвір постійного діаметру, на якому з лівого боку встановлена кришка 2, закріплена болтами 3, а герметизація забезпечується гумовою прокладкою 4. Кришка 2 має два отвори в яких встановлено ізолятори 5, що містить електровведення 6. Електровведення мають захисну електроізоляційну кришку 7 закріплену гайкою 8. Корпус 2 містить патрубков 9 для подачі стиснутого повітря. В порожнині 4 встановлено електронагрівач стиснутого повітря який складається з воронки 11 закріпленій у різьбовому отворі корпусу 1. На воронці 11 за допомогою гвинтів 12 закріплено



внутрішній корпус 10, в якому розташовано керамічну жаростійку вставку 13, яка має поперечні отвори в яких розміщено нагрівальний елемент (ніхромова спіраль), приєднана до електровведень 6 за допомогою гайок 15. Сопловий вузол що забезпечує подачу порошкового матеріалу у сопло складається з корпусу 16, сопла 17, конічного осердя 18. Сопловий вузол закріплюється в різьбовому отворі корпусу 1 за допомогою контргайки 20.

Газодинамічний напилувальний пристрій для напilenня металевих покриттів працює наступним чином. Через патрубок 9 в порожнину 4 подається стиснуте до 0,6 МПа повітря. На електровведення подається напруга 230 В яка спричиняє нагрів ніхромової спіралі до температури 700 °С. Стиснуте повітря продувається крізь витки спіралі і в результаті теплообміну нагрівається до температури 300-400 °С. Нагріте повітря потрапляє у сопловий вузол і проходить в

сопло через зазор утворений між конічним осердям 18 і отвором сопла діаметром 5 мм. Регулюючи цей зазор можна керувати швидкістю стиснутого повітря яке проходить через сопло. Відповідно цей зазор являє собою кільцевий критичний перепин завдяки якому, а також завдяки конусу конічного осердя швидкість повітря в закритичній зоні значно зростає, а тиск падає менше атмосферного, що спричиняє деяке падіння температури стиснутого повітря та створює ефект ежекції завдяки якому напилувальний порошок всмоктується у сопло через отвір діаметром 2 мм у патрубку подачі напилувального матеріалу. У соплі порошок нагрівається стиснутим повітрям і розганяється до швидкості 200-600 м/с. При ударі о підкладку порошок частинки деформуються та вступають у молекулярні зв'язки з матеріалом підкладки утворюючи міцне металеве покриття.

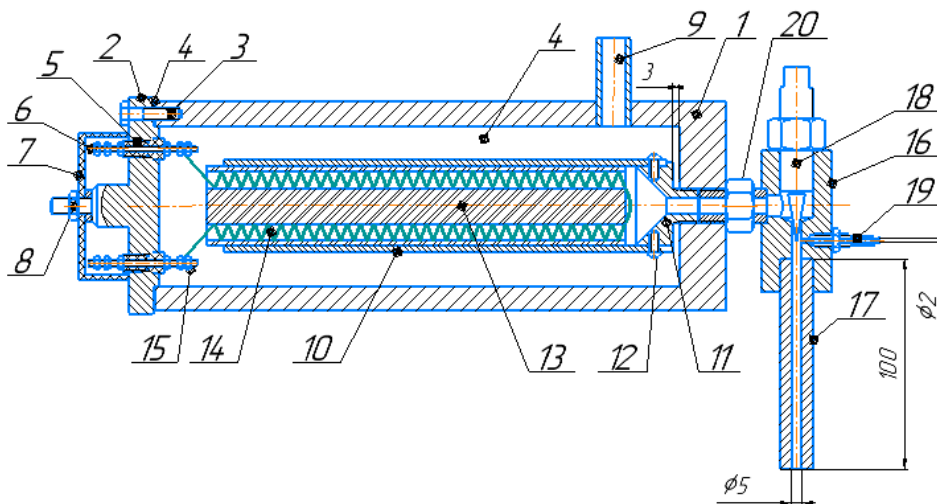


Рис. 1. Схема пристрою для газодинамічного нанесення металевих функціональних покриттів. 1- корпус, 2 – кришка, 3 – болт, 4 – ущільнювач, 5 – ізолятор, 6 – електровведення, 7 – захисна діелектрична кришка, 8 – гайка, 9 – патрубок для подачі стиснутого повітря, 10 – внутрішній металевий корпус, 11 – конічна воронка, 12 – гвинти кріплення, 13 – керамічна жаростійка вставка, 14 – ніхромова спіраль, 15 – гайки, 16 – корпус сопла, 17 – сопло, 18 – конічне осердя, 19 – патрубок для подачки напилувального матеріалу, 20 – контр гайка

Для з'ясування можливості використання наведеного газодинамічного напилувального пристрою для створення полімерних покриттів провели дослідження розподілу температури по довжині сопла рисунок 2. Для цього використовували безконтактний пірометр моделі BENETECH GM 1150 A з діапазоном вимірювань від -30 до 1150 °С. (рис. 2).

Графік розподілу температури вздовж сопла напилувального пристрою показаний на рисунку 3.

Використання пристрою показаному на рисунку 1 для створення полімерних покриттів

показало наступні недоліки. Це насамперед значне падіння температури на виході з сопла тобто з початкових 350 °С на вході гарячого стиснутого повітря у сопло до 83 °С на виході з нього (рис. 3).



Рис. 2. Дослідження розподілу температури вздовж сопла за допомогою безконтактного пірометра моделі BENETECH GM 1150 A

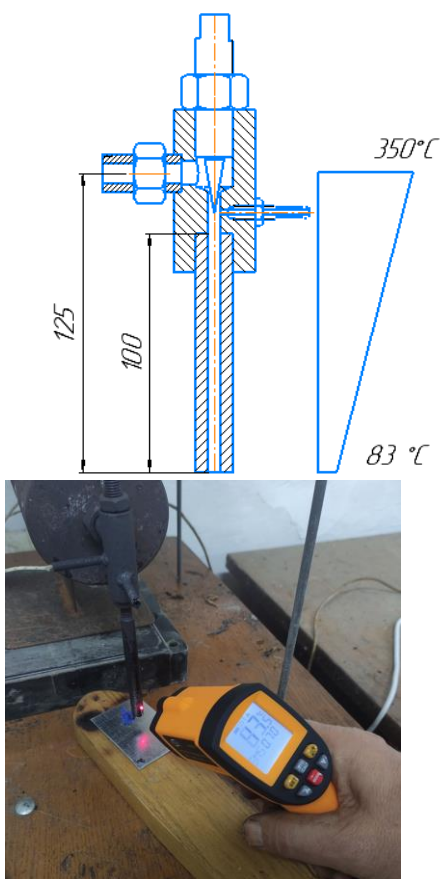


Рис. 3. Графік розподілу температури вздовж сопла.

Враховуючи те що температура плавлення більшості полімерів знаходиться в межах 120-220 °С. Таке падіння температури не є прийнятним для створення полімерних покриттів. Для того щоб підняти температуру на виході з сопла до 120-220 °С для даної конструкції потрібно відповідно збільшувати температуру на вході у сопло до 450-550 °С, що

призведе до значних витрат електроенергії. Для покращання температурних умов наплення полімерних матеріалів змінено конструкцію сопла як показано на рисунку 3. Головною особливістю є зменшення довжини сопла з 100 мм до 40 мм, а також змінено патрубок подачі напильовального матеріалу. Конічне осердя 18 (рис. 1) змінено на конічне осердя 21 (рис. 4) при цьому, а в осерді 21 виконано осьовий отвір діаметром 2 мм для подачі напильовального матеріалу в сопло. Конічна частина осердя 21 занурюється в осьовий канал сопла діаметром 5 мм, зберігаючи кільцевий зазор між конічною частиною осердя та крайкою осьового отвору діаметром 5 мм, що забезпечує потрапляння нагрітого стиснутого повітря в сопло та створення ефекту ежекції як всмоктує розплавлений полімер в сопло і далі в соплі транспортує гарячим стиснутим повітрям на поверхню яка покривається.

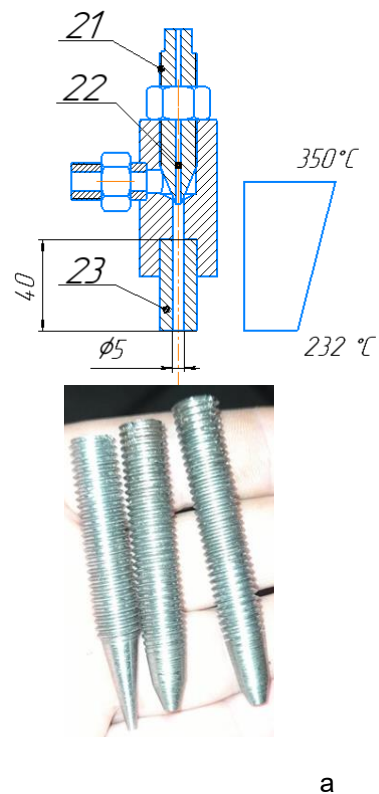


Рис. 4. а – будова модернізованого сопла напильовального пристрою полімерних матеріалів, б – загальний вигляд деяких модифікацій модернізованого конічного осердя 22.

Модернізоване сопло (рис. 4) має такі переваги для наплення полімерних матеріалів в порівнянні з соплом показаним на рисунку 3 для наплення металевих покриттів. Напильовальний полімерний матеріал у вигляді прутка діаметром 1,7 мм або у вигляді



дрібнодисперсного порошку подається в отвір 22 конічного осердя 21, що забезпечує його розігрів до максимальної температури (350 °С) та призводить до його швидкого розплавлення. Сопло 23 виконано укороченим на 60 мм порівняно із соплом 17 (рис. 2), що забезпечує температуру на виході з сопла на рівні 232 °С і створює сприятливі умови формування полімерного покриття. На рисунку 5 показаний загальний вид газодинамічного напилувального пристрою з модернізованим сопловим вузлом який створює сприятливі умови для нанесення полімерних покриттів.



Рис. 5. Газодинамічний напилувальний пристрій, вид загальний.

Одним з важливих параметрів процесу створення полімерних покриттів є тиск стиснутого повітря який подається в газодинамічний напилувальний пристрій. Для пристроїв які призначені для створення металевих покриттів цей тиск становить від 0,4 до 1 МПа. Як показали дослідження такий тиск при нанесенні полімерних покриттів призводить до видування нанесеного полімерного покриття з поверхні підкладки. На рисунку 6 показано результати наплення поліетилентетрафталану при температурі стиснутого повітря 270 °С, тиску стиснутого повітря 0,5 Мпа, дистанції наплення 6 мм.



Рис. 6. Результати наплення поліетилентетрафталан тиск 0,5 МПа, температура стиснутого повітря 270 °С, дистанція наплення 6 мм.

Вочевидь ми бачим, що такий тиск видуває розплавлене полімерне покриття і на осі соплового пристрою покриття вилупило на периферію. Таким чином щоб уникнути цього доцільно зменшити тиск стиснутого повітря. На рисунку 7 показано створення аналогічного

покриття при такій самій температурі але тиску 0,02 МПа.

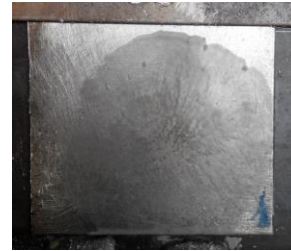


Рис. 6. Результати наплення поліетилентетрафталан тиск 0,02 МПа, температура стиснутого повітря 270 °С, дистанція наплення 6 мм.

Якщо порівняти рисунки 6 та 7 то можна бачити, що на рисунку 7 створилось рівномірне покриття без розривів, що свідчить про можливість створення рівномірних функціональних полімерних покриттів на металевій підкладці.

Температуру повітря реєстрували за допомогою термопари вбудованої в сопловий вузол напилувального пристрою а також за допомогою дистанційного безконтактного пірометра моделі BENETECH GM 1150 A. Тиск повітря реєстрували за допомогою стандартного манометра встановленого на компресорі.

Висновки. В результаті проведеної модернізації газодинамічного напилувального пристрою для нанесення металевих покриттів за рахунок зміни конічного осердя через осьовий отвір якого здійснюється подача напилувального матеріалу в сопловий пристрій, полімерний матеріал відразу потрапляє у саму гарячу зону з температурою близько 350 °С, що сприяє його швидкому розплавленню до рідкого стану, водночас зменшення довжини сопла до 40 мм дозволяють підтримувати температуру полімерного матеріалу на рівні 230 °С, що дозволяє утворити якісне покриття, при цьому тиск повітря знижено з 0,5 МПа до 0,02 МПа. Проведені дослідження показали, що застосування газодинамічного наплення дозволяє значно спростити контроль та регулювання температури нагріву полімерних матеріалів порівняно з газополуменим напленням, за рахунок можливості регулювання температури повітряного потоку змінюючи сили струму на нагрівальному елементі. Порівняно з технологією створення полімерних покриттів за допомогою порошкових фарб також є значні переваги пов'язані з тим що відповідає необхідність у довготривалому прогріванні цих покриттів у термічних камерах полімеризації. Крім того з'являється можливість нанесення полімерних покриттів на поверхні великогабаритних виробів які не обмежуються розмірами термічних камер.



Список використаних джерел

1. Алхимов А.П. Клинков С.В., Косарев В.Ф., Фомин В.М. Холодное газодинамическое напыление. Теория и практика.– М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 536. ISBN 978-5-9221-1210-9

2. Марьянко В. П. (2014) Газопламенное напыление полимерных порошковых красок. *Промышленная окраска*, 1, 24 – 28.

3. Способ газодинамического нанесения покрытий и устройство для его осуществления: Пат. 2237746 Российская Федерация, МПК6 C23C24/04. № 2003100745; заявл. 14.11.03; опубл. 10.10.04, Бюл. №15. 15 с.

4. Пристрій для газодинамічного нанесення покриттів з радіальною подачею порошкового матеріалу: Пат. 110552 Україна, МПК6 C23C24/00 № а 201405543; заявл. 23.05.14; опубл. 12.01.16, Бюл. №1. 12 с.

5. Пристрій для газодинамічного нанесення покриттів з осью подачею порошкового матеріалу: Пат. 89904 Україна, МПК6 C23C24/00. № u201306579; заявл. 27.05.13; опубл. 12.05.14, Бюл. №9. 8.

6. Электронагреватель потока сжатого газа: Пат. 101554 Україна, МПК6 H05B1/00, H05B3/52. № u201501003; заявл. 09.02.2015; опубл. 25.09.2015, Бюл. № 189 с.

References

1. Alkhimov A.P Klinkov S.V, Kosarev V.F, Fomin V.M Ed. V.M. , (2010) Holodnoe gazodenamicheskoe napelenie. Tejria i praktika. [2. Alkhimov AP Cold gas-dynamic sputtering. Theory and Practice. / Alkhimov A.P Klinkov S.V, Kosarev V.F, Fomin V.M Ed. V.M. Fomin.], // - М.: FIZMATLIT, 2010. - 536. ISBN 978-5-9221-1210-9. [in Russian].

2. Maryanko V.P.(2018) *Gasoplameno napelenie polimernuh poroshkovih krasok//Promushlini krasok* [Maryanko V.P Gas-Flame Sputtering of Polymer Powder Paints / VP Maryanko // Industrial Coloring 2014. - №1. - С. 24 - 28]. [in Ukrainian].

3. Kashyryn A.I, Klyuev O.F, Shkodin A.V., (2004) *Sposob Gazodinamicheskogo npanesenia pokritei l ystroistvo dla nogo osyshstvlrnsa* [1. Pat. 2237746 Russian Federation, IPC C 23 C 24/04. The method of

gas-dynamic coating and device for its implementation / Kashyryn A.I, Klyuev O.F, Shkodin AV; applicant and patentee Odinsky Powder Spraying Center Limited Liability Company]. - No. 2003100745/02; claimed 14.11.03; publ. 10/10/04, Bul. No15 (Part II) [in Russian].

4. Gaidamak O.L (2016) *Prustria dla gazodenamicheskoe npanesenia pokritei radialnogo podachi materialy*. [3. Pat. 110552 Ukraine, IPC C23C 24/00. Device for gas-dynamic coating with radial flow of powder material / Haidamak O.L; applicant and patentee Haidamak O.L - No. 201405543;] claimed 05/23/14; publ. 01/12/16, Bul. №1. [in Ukrainian].

5. Gaidamak O.L, Savulak V.I, Goncharuk V.V, Volkovsky A.M., (2014) *Prustria dla gazodenamicheskoe npanesenia pokritiv osovoy podachoy poroshkovogo materialy*. [Pat. 89904 Ukraine, IPC C23C 24/00. Device for gas-dynamic coating of axial flow of powder material / Haidamak O.L, Savulak V.I, Goncharuk V.V, Volkovsky A.M;] applicant and patentee Vinnytsia National Technical University - No. u201306579; claimed 05/27/13; publ. 05/12/14, Bul. №9. [in Ukrainian].

6. Gaidamak O.L, Shilina O/P, Goncharuk V.V, Fedorchenko M.P Pat. (2015) *Elektronagrivach potoky stuslogo gazu*. [Pat. 101554 Ukraine, IPC H05B 1/00, H05B 3/52. Compressed gas flow heater / Haidamak O.L, Shilina O.P, Goncharuk V.V, Fedorchenko MP, applicant and patent holder Vinnitsa National Technical University - № u201501003;] claimed 09/02/2015; publ. 09/25/2015, Bul.№ 18. [in Ukrainian].

7. Device for gas-dynamic coating with radial flow of powder material: Pat. 110552 Ukraine, IPC6 C23C24 / 00 № а 201405543; claimed 05/23/14; publ. 01/12/16, Bul. №1. 12 sec. [in Ukrainian].

RESEARCH AND MODERNIZATION OF A GAS DYNAMIC SPRAYING DEVICE FOR THE CREATION OF POLYMER FUNCTIONAL COATINGS

The article analyzes various methods of creating polymer coatings. The following methods of application of polymer powder materials, namely in a pseudo-liquid state, electrostatic, thermojet, gas flame, have become the most widespread in production. Each of the listed methods has its own features and advantages and disadvantages, which determine the scope of their use based on



the parameters of the objects to be coated, their structures and features, conditions of future operation, as well as the required thickness of the polymer coating layer. The only factor that unites all methods is the thermal effect in the process of creating a polymer coating, which is necessary for the formation of a strong adhesive bond between the coating and the substrate. The article shows the results of research into the possibility of using a device for gas-dynamic application of metal coatings to create polymer coatings, and its modernization in order to eliminate the identified shortcomings and achieve optimal conditions for the formation of polymer functional coatings. The possibility of a high-speed coating application regime and its influence on the formation of the coating were analyzed. The structure of the researched gas-dynamic device for applying coatings is shown, which contains an electronic heater for the flow of compressed air, and a nozzle assembly for accelerating the heated compressed air in which, due to the ejection effect, the molten polymer material is sucked in and accelerated, which can be in the form of a finely dispersed powder or in the form of a solid dart in the hottest

zone with a temperature of about 350 °C, which contributes to its rapid melting to a liquid state, at the same time, reducing the length of the nozzle to 40 mm allows maintaining the temperature of the polymer material at the level of 230 °C, which allows the formation of a high-quality coating, while the air pressure is reduced from 0.5 MPa to 0.02 MPa. The conducted studies showed that the use of gas-dynamic sputtering makes it possible to significantly simplify the control and regulation of the heating temperature of polymer materials compared to gas-flame sputtering, due to the possibility of adjusting the temperature of the air flow by changing the current strength on the heating element. Compared to the technology of creating polymer coatings using powder paints, there are also significant advantages associated with the fact that there is no need for long-term heating of these coatings in thermal polymerization chambers. In addition, it is possible to apply polymer coatings on the surface of large-sized products that are not limited by the size of thermal chambers.

Key words: gas dynamic device, polymer coatings.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Гайдамак Олег Леонідович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Електротехніки, електроенергетики та електромеханіки» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: haidamak@vsau.vin.ua).

Кучеренко Юлія Сергіївна – аспірантка кафедри «Електроенергетики, електротехніки та електромеханіки» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: fortyna1910@gmail.com).

Gaidamak Oleg - Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Power engineering, electrical engineering and electromechanics of Vinnitsa National Agrarian University .

Kucherenko Yulia - Postgraduate Student of the Department of Power engineering, electrical engineering and electromechanics of Vinnitsa National Agrarian University (3 Soniachna St., Vinnitsa, Ukraine, 21008, e-mail: fortyna1910@gmail.com).