

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КІРОВОГРАДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ НАПИЛЕННЯ-2.

Технологія газотермічного нанесення покриття

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних робіт для студентів спеціальності 132

«Матеріалознавство»

Технологія та обладнання та для напилення -2. Технологія газотермічного нанесення покриття: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство»/ Уклад.: О.Ю. Жулай, М.М. Труш – Кіровоград, КНТУ”, 2016 р. - 19 с.

(Протокол №15 від 1.07.2016р.)

ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ НАПИЛЕННЯ-2.

Технологія газотермічного нанесення покриття

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство»

Укладачі: О.Ю. Жулай, к. т. н., ст. викл.
 М.М. Труш, ас.

Відповідальний О.Ю. Жулай к. т. н., ст. викл.

Рецензент С.О. Магопець, к. т. н., доц.

Зміст

ВСТУП.....	4
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1 ВИЗНАЧЕННЯ ФРАКЦІЙНОГО РОЗПОДІЛУ ПОРОШКОВОГО МАТЕРІАЛУ І ФОРМИ ЧАСТИНОК.....	5
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТАНУ ПІДГОТОВКИ ОСНОВИ НА ПАРАМЕТРИ ЯКОСТІ ПОКРИТТЯ.....	8
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОВЕДЕННЯ ПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТЯ НА ЙОГО ЕФЕКТИВНІСТЬ.....	12
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМУ РОБОТИ ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ І НАЛАГОДЖЕННЯ ЙОГО ПРИ ТЕХНОЛОГІЧНІЙ ПІДГОТОВЦІ ПРОЦЕСУ ПЛАЗМОВОГО НАПИЛЕННЯ ПОКРИТТЯ	15
Література.....	19

Вступ

Дисципліна „Технологія і обладнання для напилення” у відповідності з узагальненим об’єктом діяльності бакалавра спеціальності 132 «Матеріалознавство» - охоплює обладнання для створення поверхонь газотермічними методами нанесення покриття.

Вона входить до переліку дисциплін професійної підготовки нормативної частини державної освітньої програми підготовки бакалаврів спеціальності 132 «Матеріалознавство».

Перед виконанням лабораторної роботи студент повинен ознайомитись з змістом роботи, усвідомити її мету та завдання, засвоїти правила техніки безпеки при виконанні робіт в лабораторії, відповісти на контрольні питання викладача і отримати дозвіл на виконання роботи. Прийом робіт викладачем проводиться по мірі їх виконання.

У методичних вказівках викладено опис і суть методики виконання та оформлення лабораторних робіт.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

ВИЗНАЧЕННЯ ФРАКЦІЙНОГО РОЗПОДІЛУ ПОРОШКОВОГО МАТЕРІАЛУ І ФОРМИ ЧАСТИНОК

Мета роботи: *Набуття практичних навичок підготовки порошкових матеріалів до напилення.*

Короткі теоретичні відомості

Для газотермічного напилення застосовують порошки, які виготовляються з матеріалів різного складу. Розміри частинок, залежно від методу нанесення, лежать у межах від 5 до 200 мкм.

Частинки порошків, які використовуються для напилення, повинні мати сферичну (рис. 1.1а) або грудкоподібну форму (рис. 1.1б). Такі порошки добре сипкі, що дозволяє досить просто регулювати та підтримувати постійною витрату матеріалу, що напилюється.

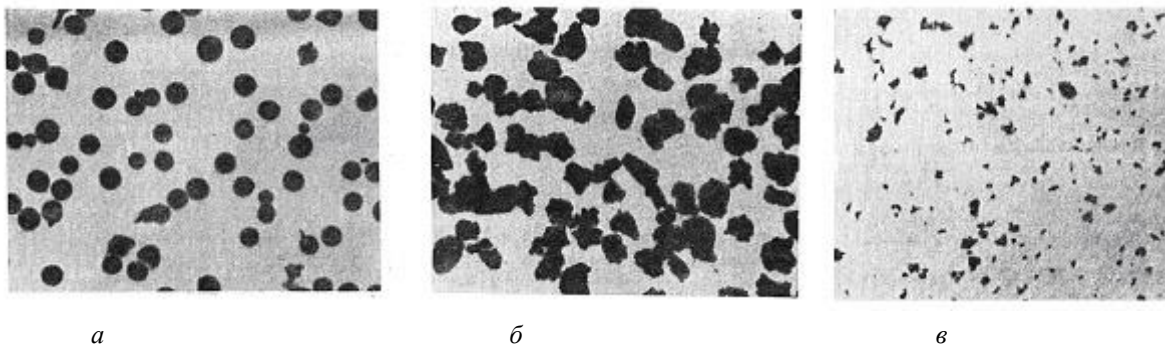


Рис. 1.1. Форми частинок порошків, які використовуються для напилення.

а сферичні частинки порошку (нікелевий сплав) б грудкоподібні частинки порошку молібдену; в частинки порошку складної форми

На рис. 1.1в наведені частинки порошку, які мають складну форму з великою кількістю виступів. Така форма частинок погіршує подавання порошку з бункера дозатора до розпилювача. Порошки з такою формою частинок, також мають більшу питому площу поверхні й легко окислюються при русі в потоці гарячого газу, що призводить до погіршення якості покриття.

Розмір частинок порошку, які напилюються та їхній гранулометричний склад, суттєво впливають на процес напилення і властивості покриття. При напиленні порошку, якій складається з суміші частинок різних діаметрів, більш дрібні частинки розплавляються безпосередньо біля місця подавання порошку в розпилювач та збираються в грудки, що може призвести до заповнення отвору, крізь який подається порошок. Для запобігання цього, напилення бажано проводити порошками визначеної фракції. Для напилення зазвичай використовують порошки з розміром частинок 44...100 мкм.

Гранулометричний склад визначається за допомогою ситового аналізу – для порошків з розміром частинок більше 50 мкм, або за допомогою седиментаційного аналізу – якщо частинки порошку розміром менше 50 мкм.

Ситовий аналіз проводиться на вібраційному приладі мод. 028. Прилад укомплектований набіром стандартних сит, за допомогою яких можна розділити порошок на шість фракцій з розмірами частинок: більше 200 мкм, від 200 до 160 мкм, від 160 до 100 мкм, від 100 до 63 мкм, від 63 до 50 мкм та менше 50 мкм.

Обов'язковою операцією при підготовці порошоків перед напиленням є просушування або прокалювання. При цьому покращується сипкість порошку, знижується кількість зв'язаної та адсорбованої вологи, органічних забруднень та ін.

НЕОБХІДНЕ ОБЛАДНАННЯ, ПРИЛАДИ І МАТЕРІАЛИ

1. Вібраційний прилад мод. 028.
2. Набір сит з розмірами комірок 0,2; 0,16; 0,1; 0,063; 0,05 мм.
3. Порошок для напилення.
4. Мікроскоп.
5. Годинник.
6. Аналітичні терези з набіром вагів.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Встановити сита одне над одним в порядку зменшення розміру комірок (наверху розташувати сито з найкрупнішими отворами, знизу – з найдрібнішими).
2. Зважити і засипати у верхнє сито сухий порошок для напилення.
3. Розпочати процес розподілу порошку на фракції, увімкнувши вібраційний прилад мод. 028. Час просіювання - 20 хв.
4. Після закінчення процесу розподілу на фракції, зняти верхнє сито (0,2 мм) і висипати порошок, який не пройшов крізь комірки, на папір та зважити його з точністю до 0,1 г. Результат занести до табл. 1.1.
5. Використовуючи мікроскоп, визначити форму зважених частинок. Результат занести у табл. 1.1.
6. Повторити п.п. 4-5 з усіма ситами.
7. Розрахувати вміст кожної фракції з точністю до 0,1 % за формулою:

$$m_n^* = \frac{m_n}{m} \times 100\%$$

де m_n — маса даної фракції, г; m — загальна маса порошку.

Результати розрахунків занести до табл. 1.1.

8. Побудувати графік залежності вмісту фракцій частинок від їх розміру.
9. Визначити відсотковий вміст фракцій порошку, придатних до застосування в технологіях газотермічного нанесення покриттів, за формулою:

$$m_k^* = \frac{m_2 + m_3 + m_4 + m_5}{\sum m} \times 100\%$$

де m_{2-5} — маса порошку, якій не пройшов крізь комірки сит № 2-5 відповідно.

Результати розрахунків занести до табл. 1.1.

Таблиця 1.1

	Маса зваженого порошку, m_p , г	Вміст кожної фракції, m_n^* , %	Вміст фракцій придатних до застосування, m_k^* , %	Форма частинок
1 Сито 0,2 мм				
2 Сито 0,16 мм				
3 Сито 0,1 мм				
4 Сито 0,063 мм				
5 Сито 0,05 мм				
6 Порошок менше 0,05 мм				

ВИМОГИ ДО ЗВІТУ ПО РОБОТІ

1. Привести мету роботи.
2. Описати порядок виконання роботи.
3. Заповнити табл. 1.1.
4. Побудувати графік залежності вмісту фракцій частинок від їх розміру.
5. Зробити висновки по роботі.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Як впливає форма часток на процес напilenня та якість покриття?
2. Чому необхідно проводити розподіл порошків на фракції?
3. Коротко описати процес розподілу порошків на фракції.
4. Наведіть формулу, за якою розраховується вміст кожної фракції порошку.
5. Порошки яких фракцій можна вважати придатними до застосування в технологіях газотермічного нанесення покриттів?

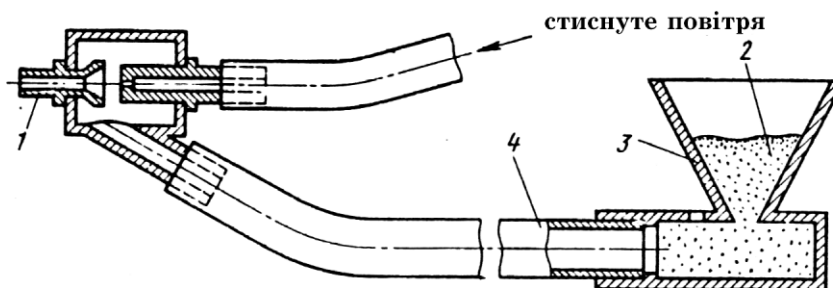
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТАНУ ПІДГОТОВКИ ОСНОВИ НА ПАРАМЕТРИ ЯКОСТІ ПОКРИТТЯ

Мета роботи: Набуття практичних навичок підготовки виробів під напилення струменево - абразивною обробкою.

Теоретичні відомості.

Найчастіше, при газотермічному нанесенні покриттів основним завданням є отримання міцного зчеплення покриттів з матеріалом основи. Тому, незалежно від способу нанесення покриттів необхідною умовою є підготовка поверхні основи. Основними вимогами до поверхні деталі перед напиленням є відсутність її забруднення, мінімальна товщина оксидних плівок, визначені рівні шорсткості і наклепу приповерхневого шару деталі.

Універсальним способом серед методів активації поверхні є струменево-абразивна обробка матеріалу основи. Обробку поверхні проводять в захисних камерах струминою стиснутого повітря з абразивними частинками. Повітря тиском 0,4...0,7 МПа, повинно бути добре очищеним, без домішок масла. Двох-



фазний, швидкісний потік створюється пістолетом ежекційного типу (рис.2.1).

Рис. 2.1. Схема пістолету ежекційного типу.

1 – сопло, 2 – абразивний матеріал, 3 – бункер, 4 – шланг

Як абразив використовують шліфзерно електрокорунда нормального марок 12А, 13А, 14А, 15А за ОСТ 2МТ 793-80 та ОСТ 2МТ 715-78 зернистістю 63Н, 63П при поверхневій твердості до HRC40 та 80Н, 80Н, 100Н, 100П за ГОСТ 3647-80, якщо твердість більше HRC40. Розмір абразивних часток складає 0,3...1,5 мм. Дистанція обробки — в межах 0,08...0,15 м, кут зустрічі потоку з основою 60...90°, витрата абразивних частинок 300...500 кг/год.

σ_a, R_z

σ_a, R_z

витрата абразивних частинок 300...500 кг/год.

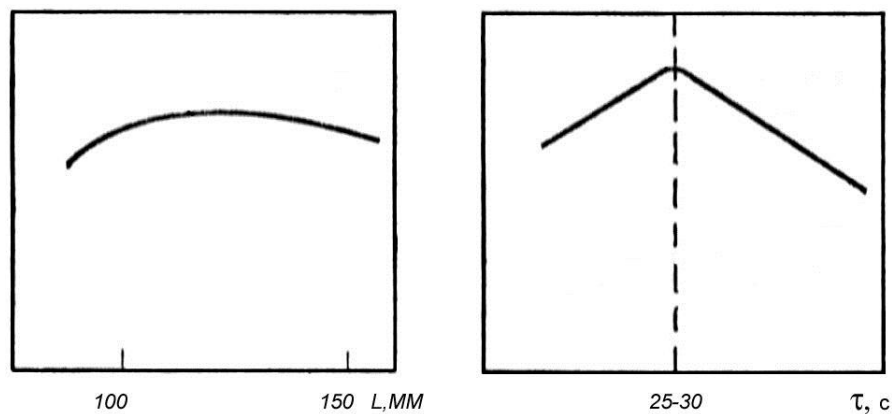


Рис. 2.2. Вплив на міцність зчеплення з основою (σ_a) та висоту нерівностей профілю по десяти точках (R_z) дистанції обробки (а), часу очищення (б)

На поверхні, яка була оброблена абразивними матеріалами, утворюються численні виступи та впадини, що підвищують механічне зчеплення нанесеного покриття з основою. Тому, зі збільшенням шорсткості основи, як правило, зростає міцність зчеплення покриття.

Контроль шорсткості поверхні проводять зазвичай за еталонними зразками, вимірювачем шорсткості типу ЕИШ розробки ЦНІИ “Румб” або профілографом-профіло-метром моделі 252 заводу “Калібр”.

Проміжок часу між струменево-абразивною обробкою і нанесенням покриття, повинен бути мінімальним, бо шорстка основа є активною й легко окислюється.

Параметри режиму обробки, марка матеріалу абразиву та розмір часток суттєво впливають на адгезійну міцність покриттів (рис. 2.2).

Основні параметри режимів обробки поверхонь деталей наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1. Основні параметри обробки поверхонь деталей при струменево-абразивній обробці.

Параметри	Сталь HRC≤40	Сталь HRC>40	Чавун
Функція абразиву, мм	0,8-1,5	0,8-1,5	0,8-1,0
Вид абразиву	дріб, ел. корунд	Ел. корунд	дріб, ел. корунд
Діаметр сопла, мм	8-14 (10)	8-14	8-14
Тиск стиснутого повітря, Мпа	0,4-0,6 (0,5)	не нижче 0,6	0,5-0,6
Відстань від зрізу сопла до поверхні, яка оброблюється, мм	50-120 (100)	40-120	50-120
Кут падіння струменя на поверхню, яка оброблюється, град робочий	60-90	60-90	90

мінімальний	30	30	-
Лінійна швидкість переміщення пістолета, мм/хв.	50-400 (200)	50-400	50-600

НЕОБХІДНЕ ОБЛАДНАННЯ ПРИЛАДИ І МАТЕРІАЛИ

1. Зразки для струменево-абразивної обробки розміром 30x60x10 мм (3 шт).
2. Струменево-абразивна установка 487PM.
3. Шліфзерно електрокорунда марки А12.
4. Штангенциркуль, лінійка, мікроскоп, секундомір.
5. Зразки-свідки з встановленою шорсткістю.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Розмістити зразки у захисній камері оброблюваною поверхнею догори.
2. Підготувати абразивно-струменеву установку до роботи (вибрати діаметр сопла 10мм, засипати в бункер шліфзерно електрокорунда марки 12А зернистістю 0,8...1,5 мм).
3. Встановити необхідні режимні параметри роботи установки (тиск стиснутого повітря 0,5 МПа).
4. Провести струменево-абразивну обробку першого зразка, тримаючи відстань від зрізу сопла до поверхні 100 мм. Кут падіння струмини на поверхню, яка оброблюється, повинен складати 60...90°, а швидкість переміщення пістолета – 200 мм/хв. Час обробки 10 с.
5. Провести струменево-абразивну обробку другого зразка з параметрами, які вказані в п.4. Час обробки 30 с.
6. Провести струменево-абразивну обробку третього зразка з параметрами, які вказані в п.4. Час обробки 60 с.
7. Після струменево-абразивної обробки, поверхні деталей очистити стиснутим повітрям.
8. Порівняти (використовуючи мікроскоп) оброблені зразки із зразками-свідками та визначити їх шорсткість. Дані занести до табл. 2.2.
9. Побудувати графік залежності шорсткості від часу обробки.
10. Зробити висновки.

Таблиця 2.2.

№ зразка	Час обробки t, с	Шорсткість R_z , мкм	Примітки

ВИМОГИ ДО ЗВІТУ ПО РОБОТІ

1. Привести мету роботи.
2. Описати порядок виконання роботи.
3. Заповнити табл. 2.2.
4. Побудувати графік залежності шорсткості від часу обробки поверхні за результатами експерименту.
5. Зробити висновки по роботі.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які вимоги висуваються до оброблюваної поверхні?
2. Яка мета струменево-абразивної обробки?
3. Коротко наведіть технологію струменево-абразивної обробки.
4. Як проводять контроль поверхні після струменево-абразивної обробки?
5. Як впливає час обробки на шорсткість обробленої поверхні?

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОВЕДЕННЯ ПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТЯ НА ЙОГО ЕФЕКТИВНІСТЬ.

Мета роботи: набуття практичних навичок відпрацювання технології нанесення покриття на характерних зразках із оптимізацією по КВМ.

Короткі теоретичні відомості.

Основними параметрами, що пов'язані з режимом роботи плазмового розпилювача, є: потужність, яка визначається силою струму та напругою, витрата плазмоутворювального та транспортуючого газів, дистанція напилання та ін.

Напруга дуги залежить від її довжини, яка в основному визначається конструктивною схемою плазмотрона, а також видом та частково витратою плазмоутворювального газу. Струм є параметром, який регулюється в процесі відпрацювання технології та її використання. Вплив потужності дуги на характеристики процесу напилання показаний на рис. 4.1.

У загальному випадку, при значному збільшенні витрати плазмоутворювального газу, суттєво знижується щільність покриття, КВМ та інші показники ефективності процесу. При незмінному значенні потужності дуги, збільшення витрати плазмоутворювального газу знижує температуру порошкових часток, хоча деяке підвищення швидкості часток при цьому позитивно впливає на ефективність процесу.

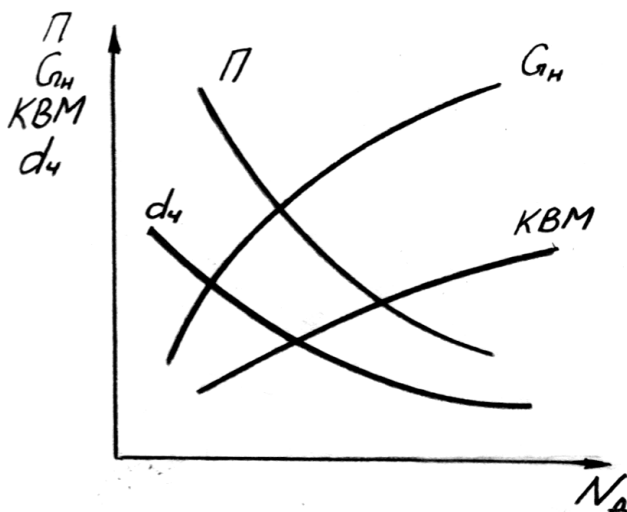


Рис. 4.1. Вплив потужності дуги (N_d) у плазмотроні на пористість (Π), продуктивність (G_n), коефіцієнт використання порошку КВМ, діаметр розпилюваних часток (d_u).

Всі вищезгадані режимні параметри нанесення покриття впливають на коефіцієнт використання матеріалу (КВМ). КВМ – це відношення маси матеріалу, яка увійшла до складу покриття, до маси матеріалу, яка була подана у розпилюючий пристрій. Цей коефіцієнт в першому наближенні корелює з якістю покриття (щільністю, міцністю зчеплення) і відповідає ступеню досконалості розпилюючого пристрою і режиму його

роботи. Крім того KBM, як правило, є параметром оптимізації технологічного процесу для досягнення мінімальної собівартості покриття.

НЕОБХІДНЕ ОБЛАДНАННЯ ПРИЛАДИ І МАТЕРІАЛИ

6. Зразки з низьковуглецевої сталі (розміром 50×50×10 мм), 9шт.
7. Установка плазмового напилення «Київ-7».
8. Порошок для напилення ГA85 (оксид алюмінію).
9. Лінійка, секундомір, терези.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

- 11.Зважити кожний зразок на терезах. Дані занести до табл. 4.1.
- 12.Встановити зразок №1 в захисній камері установки плазмового напилення «Київ-7», оброблюваною поверхнею догори.
- 13.Засипати порошок до дозатора-живильника і протарувати його, визначивши продуктивність в г/с.
- 14.Для напилення зразків №1-3 встановити необхідні режимні параметри роботи установки «Київ-7»: струм 300А, витрата газів: повітря – 4,5...5,0 м³/год, пропан-бутану – 0,11...0,16 м³/год. Час напилення кожного зразка – 1хв. Час напилення контролювати секундоміром.
- 15.Провести напилення зразків №1-3, змінюючи дистанцію напилення. Для зразка №1 дистанція напилення становить 200мм, №2 – 250мм, №3 – 300мм.
- 16.Зважити зразки №1-3 на терезах після напилення. Результат занести до табл. 4.1.
- 17.Встановити необхідні режимні параметри роботи установки «Київ-7» для напилення зразків №4-6: витрата газів: повітря – 4,5...5,0 м³/год, пропан-бутану – 0,11...0,16 м³/год, дистанція напилення 250мм. Час напилення кожного зразка – 1хв.
- 18.Провести напилення зразків №4-6, змінюючи струм дуги. Для зразка №4 струм – 200А, №5 – 300А, №6 – 400А.
- 19.Зважити зразки №4-6 на терезах після напилення. Результат занести до табл. 4.1.
- 20.Встановити необхідні режимні параметри роботи установки «Київ-7» для напилення зразків №7-9: струм 300А, дистанція напилення 250мм). Час напилення кожного зразка – 1хв.
- 21.Провести напилення зразків №7-9, змінюючи витрату плазмоутворювального газу. Для зразка №7 загальна витрата – 3,0 м³/год, №8 – 4,0 м³/год, №9 – 5,0 м³/год (співвідношення окислювача та горючого газів зберігати).
- 22.Зважити зразки №7-9 на терезах після напилення. Результат занести до табл.

$$KBM = \frac{m_n}{m_0} \times 100\%,$$

4.1.

13. Розрахувати КВМ за формулою:

де m_n – маса матеріалу в покритті, m_0 – загальна маса матеріалу, який був використаний для напилення конкретного зразка. Результат занести до табл. 4.1.

23. Побудувати графіки залежностей: 1) $KBM=f(L)$ (КВМ від дистанції напилення), 2) $KBM=f(I)$ (КВМ від струму дуги), 3) $KBM=f(Q)$ (КВМ від витрати плазмоутворювального газу).

Таблиця 4.1

№ зразка	Маса зразка до напилення, г	Продуктивність дозатора-живильника, г/с	Маса зразка після напилення, г	Витрата порошку, г	Маса покриття, г	КВМ, %

24. Зробити висновки по роботі.

ВИМОГИ ДО ЗВІТУ ПО РОБОТІ

6. Привести мету роботи.
7. Описати порядок виконання роботи.
8. Заповнити табл. 4.1.
9. Побудувати залежності КВМ від режимних параметрів (L , I , Q).
10. Зробити висновки по роботі.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які основні режимні параметри процесу нанесення покриття?
2. Що таке КВМ?
3. Як впливають режимні параметри процесу нанесення покриття на КВМ?
4. Запропонуйте можливі шляхи підвищення КВМ.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМУ РОБОТИ ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ І НАЛАГОДЖЕННЯ ЙОГО ПРИ ТЕХНОЛОГІЧНІЙ ПІДГОТОВЦІ ПРОЦЕСУ ПЛАЗМОВОГО НАПИЛЕННЯ ПОКРИТТЯ

МЕТА РОБОТИ: *Набуття практичних навичок налагодження установки для плазмового нанесення покриття, експериментально визначати діапазон регулювання швидкості відносного переміщення напилювальної деталі та плазмотрону, визначати значення цих параметрів для конкретної технології плазмового напилення.*

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Висока якість покриття і повторюваність процесу його нанесення можливі тільки при використанні допоміжного обладнання, яке забезпечує закріплення і переміщення розпилювача відносно деталі. Майже всі серійні установки газополуменевого, електродугового і плазмового напилення не мають в комплекті обладнання маніпулятора. В умовах виробництва використовують в цій якості токарні станки або саморобні маніпулятори з різним числом ступенів свободи переміщення деталі відносно розпилювача.

Єдиним повнокомплектним апаратом, що серійно випускається, є напівавтомат плазмового напилення 15В-Б. В напівавтоматі штатної комплектації використовуються установки шіазмового напилення УМП-6 або Київ-7, але замість них можна встановити іншу модель обладнання для газотермічного напилення.

До комплекту напівавтомата входять: камера; маніпулятор переміщення плазмотрона за двома взаємно перпендикулярними координатами, які розміщені в горизонтальній площині; обертач деталі з вісью обертання, яка розміщена в горизонтальній площині; механізована задня бабка; установка плазмового напилення; комплект пристосувань для охорони навколишнього середовища і створення оптимальних санітарно-гігієнічних умов праці оператора; комплект оснащення, що складається з патрона, заднього та переднього центрів; система керування напівавтоматом; шафа для балонів.

Конструкція напівавтомата дає можливість: встановлювати дистанцію напилення до 300 мм, повертати розпилювач у вертикальній площині в межах 120°; здійснювати не менше 120 подвійних ходів розпилювача за годину при нанесенні покриттів; встановлювати пневматичні патрони, обертові центри і інші види оснащення; використовувати механізований привод заднього центру від пневмопривода; завантажувати і розвантажувати напівавтомат важкими деталями (масою до 250 кг) за допомогою цехових засобів.

Процес нанесення покриттів відбувається в автоматичному режимі за попередньо розробленою програмою.

Технологічна характеристика

Частота обертання шпинделя, об/хв.	6,3-320
Швидкість переміщення розпилювача, мм/с:	
вдovж осі шпинделя	1 -50
перпендикулярно осі шпинделя	4- 180
Регулювання швидкості переміщення розпилювача і шпинделя	безступінчасте
Габаритні розміри деталей, що напилюються, мм:	
довжина циліндричних, не більше	1500
діаметр циліндричних	25 -320
плоских	1500x180x250
Маса деталей, що напилюються, кг, не більше:	
циліндричних	100
плоских	250

Параметрами, що визначають взаємне переміщення плазмотрона і поверхні деталі є: V_{Γ} - горизонтальна швидкість переміщення плазмотрона; ω_{∂} - частота обертання деталі при напиленні тіл обертання, об/с; $V_{\text{п}}$ - швидкість поперечного переміщення плазмотрона, яка залежить від швидкості обертання кулака при напиленні плоских поверхонь, мм/с.

Для отримання якісного покриття товщина шару, який має бути напилений за один прохід плазмотрона, повинна знаходитись в межах 0,02 -0,1 мм (методичні рекомендації НПО “ВИСП”). Згідно з тими ж рекомендаціями рівномірність товщини досягається, якщо кожна наступна смуга покриття перекриває попередню на 40 - 50%.

$$\text{Об'єм плями напилення: } Q = \frac{\pi d^2 h}{4}, \quad \text{мм}^3 \quad /5.1/$$

$$\text{Маса плями напилення: } m = Q\rho, \quad \text{г}, \quad /5.2/$$

$$\text{Лінійна швидкість напилення: } V_{\text{л}} = \frac{Pd}{m}, \quad \text{мм/с}, \quad /5.3/$$

Горизонтальна швидкість переміщення плазмотрона:

$$V_z = \frac{kdV_{\text{л}}}{\sqrt{k^2 d^2 + \pi^2 D^2}}, \quad \text{мм/с}, \quad /5.4/$$

$$\text{Швидкість обертання деталі: } \omega_{\partial} = \frac{V_z}{kd}, \quad \text{об/с}, \quad /5.5/$$

$$\text{Кількість проходів: } n = \frac{H}{h}, \quad /5.6/$$

де d — діаметр плями напилення, мм; h — товщина шару покриття за один прохід;

k - коефіцієнт перекриття; ρ - густина матеріалу, г/мм³; P -продуктивність розпилювача, кг/год.; D - діаметр деталі (тіло обертання), мм.

При напиленні плоских деталей:

$$V_z = \frac{kdV_{\text{л}}}{D_k},$$

$$\omega = \frac{V_{\text{л}}}{2D_k},$$

/5.7/ — /5.8/

де D_k — діаметр кулака, мм (має три фіксованих значення 60, 105 і 180 мм в залежності від потрібної ширини напилення).

НЕОБХІДНЕ ОБЛАДНАННЯ, ПРИЛАДИ І МАТЕРІАЛИ

1. Камера 15 В-Б.
2. Плазмова установка "Київ - 7"
3. Лінійка металева, секундомір.
4. Порошковий матеріал.
5. Зразки для напилення (циліндричні або плоскі).

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з конструкцією камери 15 В-Б, правилами техніки безпеки та переконатися в готовності обладнання до роботи.
2. Увімкнути привод обертання шпинделя.
3. Встановити по вольтметру мінімально можливе значення числа обертів. Підрахувати кількість обертів шпинделя за хвилину.
4. Встановити більше значення напруги на двигуні і визначити кількість обертів за хвилину.
5. Повторити експеримент ще для двох, трьох значень напруги.
6. Визначити за допомогою лінійки і секундоміра швидкість переміщення розпилювача вздовж осі шпинделя при 4-5 значеннях напруги на двигуні, включаючи мінімальне і максимальне значення. Побудувати тарувальні криві.
7. Встановити розраховане попередньо за формулами /5.1/ — /5.8/ потрібне значення швидкості обертання шпинделя і переміщення маніпулятора для матеріалу і деталі за завданням викладача.
8. Виконати напилення деталі і виміряти товщину покриття.
9. Порівняти розраховану і реальну товщину.
10. Результати занести до табл.5.1.

Таблицям. 5.1

№ екс п.	P, кг/годи н	h, мм	d, мм	k	ρ $г/мм^3$	D, мм	VГ, мм/с	ω_d , Об/с	$\Pi_{\text{тарування}}$ мм	Нреал мм	n

ВИМОГИ ДО ЗВІТУ ПО РОБОТІ

1. Навести мету роботи.
2. Дати опис обладнання та інструментів, які були використані в роботі.
3. Описати порядок виконання роботи. Заповнити табл 5.1.
4. Навести тарувальні криві для маніпулятора 15 В-Б.

5. Виконати розрахунки значень V_{Γ} і ω_{∂} .

6. Висновки по лабораторній роботі.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які технологічні можливості напівавтомата 15В-Б.

2. Перелічіть основні вузли їх призначення напівавтомата 15В-Б.

3. Які характеристики установки необхідні для попереднього розрахунку V_{Γ} , ω_{∂} ?

4. Як впливає розмір діаметра деталі, яка напилюється, на розрахункові формули V_{Γ} і ω_{∂} ?

5. З яких міркувань вибирається при напиленні коефіцієнт перекриття смуг?

Література

1. Технологія газотермічного та вакуумно-конденсаційного нанесення покриття. В.М. Пащенко, В.Д. Кузнецов. Навч. посіб – К: НТУУ «КПІ», 2010.-272с.
2. Порошковая металлургия и напыление покрытий. Под ред. Б.С. Митина. – М.: Металлургия, 1987, 792 с.
3. Інженерія поверхні. Ющенко К.А., Борисов Ю.С., Кузнецов В.Д., Корж В.М. – К.: Наукова думка, 2007, 558 с.
- 4 Хасуи Ацуги. Техника напыления. – М.: Машиностроение, 1975, 288 с.
- 5 Корж В.М. Технологія та обладнання для напилення. Навчальний посібник. К.: НМЦ ВО, 2000, 152 с.