

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи № 7
«Вивчення технології напилення покриттів на установці УПУ-3»
з дисципліни «Наплавлення та напилення» для студентів
спеціальності 131 «Прикладна механіка» всіх форм навчання

2024

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 7
«Вивчення технології напилення покриттів на установці УПУ-3» з
дисципліни «Наплавлення та напилення» для студентів спеціальності
131 «Прикладна механіка» всіх форм навчання / Укл.: Ю.М. Савонов,
О.Є. Капустян – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. - 19 с.

Укладачі: Ю.М. Савонов, канд. техн. наук, доцент;

О.Є. Капустян, доц.;

Рецензент: М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доцент

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено

на засіданні кафедри ІТЗ та МК

Протокол № 01 від 13.09.2023 р.

Рекомендовано

до видання НМК ІФФ

Протокол №6 від 16.01.2024 р.

ЗМІСТ

1	МЕТА РОБОТИ	19
2	ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	19
2.1	Призначення	19
2.2	Принцип роботи установки УПУ-3	21
2.3	Опис конструкцій апаратів і вузлів	21
2.4	Принципова електрична схема	23
2.5	Принципова схема газоводопостачання	26
2.6	Джерело живлення типу ИПН-160/600	27
2.7	Підготовка установки до пуску	27
2.8	Пуск установки.....	30
3	КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ	31
4	МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ	31
5	ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ	31
6	ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ ..	32
7	ЗМІСТ ЗВІТУ	32
	РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	32

1 МЕТА РОБОТИ

Ознайомитися з конструкцією та особливостями технології напилення плазмових покриттів на установці УПУ–3, отримати навички роботи на обладнанні для напилення.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

2.1 Призначення

Установка призначена для нанесення тугоплавких покриттів за допомогою дугової плазми матеріалами у виді дроту (вольфрам, молібден, оксид алюмінію, двооксид цирконію та ін.).

Нанесення покриттів може здійснюватись при нерухомо закріпленому пальнику і переміщенні виробів відносно її, при переміщенні пальника при нерухомому виробі, чи при спільному обертанні виробу і переміщенні пальника уздовж напилюваної поверхні.

В установку УПУ – 3 (табл. 2.1) входить комплект апаратів:

– головка для механізованого нанесення покриттів з тугоплавких матеріалів, які застосовуються у вигляді дроту з пальником ГН–М;

– плазмовий пальник типу ГН–5Р для напилювання порошкових матеріалів; дозатори для подачі порошкових матеріалів у плазмовий струмінь;

– шафа управління з електроапаратурою і панеллю для регулювання і контролю витрат газів;

– шланги для підведення живлення від шафи управління до пальників;

– джерело живлення типу ИПН–160/600, що має підвищену напругу холостого ходу (до 160 В).

Технічні дані шафи управління:

Напруга живильної мережі, В 380 з нулем

Максимальна сила струму, А 560

Межі виміру витрати робочого

газу по аргону, при тиску 2 атм/л/хв

а) мала витрата 15 – 70

б) велика витрата 40 – 170

Межі виміру витрат при тиску 2 атм/л/хв

водню в суміші, 2,5 – 18

аргону на подачу порошку 0,6 – 5

Габаритні розміри шафи, мм 821×500×1745

Вага, кг 200

Таблиця 2.1 - Технічні дані універсальної установки УПУ-3

Показники	При металізації дротом	При напиленні порошкових матеріалів
Споживана потужність пальника, КВт	20	25
Максимальний струм (при роботі на аргоні), А	500	500
Плазмоутворюючі гази	Ar	He, Ar, N ₂ і суміш Ar або N ₂ з H ₂
Витрата води на охолодження, л/хв	10	10
Потрібний тиск води на вході в пальник, МПа	не менш 0,5	не менш 0,5
Температура води на виході з пальника, °С	45-50	45-50
Діаметр дроту, що розпорошується, мм	0,8 – 1,2	-
Швидкість подачі дроту, м/год	25 – 450	-
Кількість дроту у котушці, кг	5	-
Зернистість застосовуваних порошків, мкм	-	30 – 70
Об'єм порошкового живильника, л	0,5 – 10	3
Продуктивність процесу нанесення покриттів, кг/год	-	1,2
Габаритні розміри, мм пальника	74 × 193 × 600	75 × 85 × 270
порошкового дозатора	-	165 × 210 × 500

2.2 Принцип роботи установки УПУ-3

Розплавлення і розпилення тугоплавких металів здійснюється за допомогою високотемпературного плазмового струменя у плазмових пальниках. У пальнику збуджується дуга між вольфрамовим електродом і мідним соплом. Через дугу продувається плазмоутворюючий газ, що частково іонізується і при високій температурі витікає із сопла з великою швидкістю. Струмінь плазми, отриманий таким чином, може мати температуру (10000–15000) °С і швидкість, що перевищує швидкість звуку.

Процес металізації дротом може здійснюватися по двох схемах:

а) «нейтральний» дріт подається в канал сопла, тобто вводиться в плазмовий струмінь, створений двома електродами, що не плавляться;

б) дріт є відкритим анодом.

Процеси металізації за цими двома схемами відрізняються продуктивністю, величиною часток, що розпорошуються і інтенсивністю нагрівання напилюваних деталей. По першій схемі роблять металізацію малогабаритних деталей. Крім цього, вона знаходить застосування у тих випадках, коли відсутня можливість охолодження деталі в процесі металізації. За схемою «дріт – відкритий анод» металізують великогабаритні деталі при наявності примусового охолодження їх.

Як джерело живлення рекомендується застосовувати випрямляч ИПН–160/600, що забезпечує силу струму до 600 А і напругу холостого ходу 80 В при використанні аргону і 160 В при використанні азоту. Як джерело живлення можуть застосовуватися також стандартні зварювальні генератори ПС–500, ПСМ–1000 і ін., що забезпечують силу струму 400 А і напругу холостого ходу 60–70 В, які з'єднують послідовно.

2.3 Опис конструкцій апаратів і вузлів

Головка складається з плазмового пальника ГН–5М, редуктора, механізму подачі дроту і котушки для намотування дроту. Пальник з

механізмом подачі дроту кріпиться на кінець редуктора подачі дроту. Котушка для дроту встановлена на спеціальному кронштейні.

Планетарний редуктор з безступінчастим регулюванням швидкості обертання в межах електричного регулювання двигуна постійного струму, $n = 6000 \text{ хв}^{-1}$, додатково має передачу зі змінними шестернями. Змінні шестірні призначені для зміни чисел оборотів ролика, що подає дріт і забезпечують регулювання швидкості подачі дроту у великому діапазоні. При напилюванні за схемою «нейтральний дріт» устанолюються шестерні з передаточним числом 18/36, а за схемою «дріт – відкритий анод» – з 27/27 або 36/18. Регулювання швидкості подачі дроту в межах 25–75 м/год у першому випадку і у межах 70–210 м/год; 210–450 м/год у другому, здійснюється зміною напруги, що підводиться до двигуна.

Котушка для дроту розрахована на намотування п'яти кг вольфрамового дроту.

Плазмові пальники складаються з двох корпусних вузлів, що ізолювані друг від друга і вмонтовані у пластмасову ручку. До вузла, який з'єднано з «плюсом» джерела живлення кріпиться змінне сопло пальника. У верхньому корпусі, що з'єднується з «мінусом» джерела живлення кріпиться вольфрамовий електрод. Для створення герметичності системи охолодження пальника між корпусними вузлами і ізолятором, а також між корпусними деталями і змінними соплами і вольфрамовим електродом застосовуються гумові і фторопластові ущільнення. Вода в пальник подається через комбінований струмопідвод, що з'єднаний з верхнім корпусом пальника – катодним вузлом. Злив води здійснюється через струмопідвод, що з'єднаний з нижнім корпусом пальника – анодним вузлом. Введення напилюваного матеріалу при металізації нейтральним дротом здійснюється в сопло пальника, а при металізації за схемою «дріт – анод» - у плазмовий струмінь, що витікає з сопла. Введення порошку в плазмову струмінь здійснюється через штуцер, що вкручений у сопло пальника. Універсальна головка для механізованого процесу з пальником ГН–5М комплектується чотирма видами сопел зі змінними електродами для металізації дротом і напилювання порошком. Пальник типу ГН–5Р комплектується двома типами сопел зі змінними електродами для напилювання порошкових матеріалів.

Шафа управління призначена для керування процесом

плазмового нанесення покриття при використанні матеріалів як у вигляді порошку, так і у вигляді дроту за двома схемами: «нейтральний дріт» і «дріт-відкритий анод». Електрична схема шафи передбачає підключення наступних джерел живлення: напівпровідникового джерела живлення типу ІПН-160/600 чи зварювальних перетворювачів ПС-500 (одного чи двох). У шафі управління розташовані електрична і газова апаратура, прилади контролю і автоматизації процесу напилювання. Шафа має дві лицьові панелі: на верхній панелі встановлені електровимірвальні прилади, ротаметри, манометр для виміру тиску газу і крани для регулювання витрати газу. На панелі управління розташовані кнопки і ручки для включення електричної схеми і регулятора напруги для регулювання швидкості двигуна подачі дроту і двигуна порошкового живильника. На бокових стінках шафи розташовані панелі для введення електроживлення, газу і води, підключення шлангів живлення до пальника і голівки. Для дистанційного включення і відключення дуги до шафи додається ножна педаль. Апаратура шафи забезпечує виконання наступних операцій: включення подачі газу під зниженим тиском; включення осцилятора і збудження допоміжної дуги через задану величину витримки часу після включення подачі газу; включення подачі газу під робочим тиском; збільшення струму дугового розряду до робочого значення і відключення осцилятора; подачу дроту або порошку в плазмовий пальник (при подачі порошку спочатку включається подача транспортуючого газу і через якийсь час – двигун подачі порошку). По закінченні процесу напилювання: відключення ланцюга дуги; припинення подачі дроту або порошку; припинення подачі газу під робочим тиском; подача газу під малим тиском для охолодження вольфрамового електрода.

2.4 Принципова електрична схема

Установка одержує живлення від трифазної мережі 380 В з нулем.

Схема (додаток А) складається із силового ланцюга і ланцюга управління. Силовий ланцюг містить у собі: джерело живлення ІПН-160/600 чи перетворювачі ПС-500) з пусковою апаратурою;

контактори КС1 у ланцюзі допоміжної дуги і КС2, КС3 – у ланцюзі робочої дуги; баластові опори ОБ1–ОБ3; вимірювальні прилади, амперметр А1, що включається через шунти Ш1 і Ш2 і вольтметр V, осцилятор ОСЦ і конденсатор К. При нанесенні покриттів різними способами і роботі на різних джерелах живлення у силовому ланцюзі передбачене переключення за допомогою перемінних П1, П2 і П3. Ланцюг керування містить у собі наступну апаратуру: для включення і відключення силового ланцюга, для включення і відключення плазмоутворюючих газів, для включення і відключення подачі дроту або порошку. У ланцюзі керування є тумблер – перемикач ТП2, який встановлюваний у положення, що відповідає обраному процесу напилювання. У ланцюзі керування передбачені сигнальні лампи, що сигналізують про наявність напруги в ланцюзі управління і про наявність води для охолодження пальника. Схемою передбачене включення однофазного двигуна перемінного струму АОПБ–32–4 напругою 220 В для привода насоса. Апаратура ланцюга управління одержує живлення зниженою напругою від вторинних обмоток трансформатора .

Подача дроту і порошку здійснюється двигунами постійного струму з незалежним збудженням ДПД і ДП. Якір двигуна ЯДП одержує живлення від селенового випрямляча ВС1, підключеного до обмотки ІІІ трансформатора Т1 через регулятор напруги РН. Якір двигуна ЯДПІІ одержує живлення від селенового випрямляча ВС2, підключеного до регулятора напруги РН через трансформатор Т2.

Включення дуги здійснюється за допомогою педалі. В ланцюзі, що включає, є контакти реле РГР (замикається при спрацьовуванні газового реле РГ) і РП8 (замикається при спрацьовуванні гідрореле ГР), що забезпечують включення дуги при надходженні в пальник газу або води. Необхідні витримки часу послідовності включення апаратури створюються за допомогою 4–х реле часу: РВ1, РВ2, РВ3 і РВ4. Відключення дуги по закінченні процесу нанесення покриття здійснюється повторним натисканням педалі.

Спрацьовування електроапаратури відбувається в такій послідовності: після підготовки до роботи (установки перемикачів і перемичок у положення, що відповідають обраному способу нанесення покриттів, пуску води і подачі напруги), натисканням педалі або кнопки включається проміжне реле РП1. Нормально відкритими контактами реле РП1 блокується педаль (яка після

натискання повинна бути відпущена), включається клапан низького тиску ЕМК–1, реле часу РВ1, РВ2, реле РП2 і РП6, підготовляються до включення реле РП3, РП5 і контактор КС–1. Таким чином відбувається включення подачі газу під низьким тиском. Реле РП6 замикає контакти в ланцюзі контактора КТ, що підключає до мережі джерело ИПН 160/600–Ш. Через задану витримку часу замикаються контакти реле РВ2 у ланцюзі контактора КС–1. Контактор КС–1 і реле РП5 спрацьовують, включається осцилятор ОСЦ і відбувається порушення допоміжної дуги. Через задану витримку часу спрацьовує реле часу РВ1 і включає реле РП7 і реле часу РВ3. Реле РП7 відключає клапан ЕМК–1, осцилятор ОСЦ і включає клапан робочого тиску ЕМК–2 і контактори робочого ланцюга КС–2 і КС–3. Через деяку витримку часу, створювану реле РВ3, відключаються реле РВ2, РП5 і контактор КС–1, після чого силовий ланцюг виявляється замкнутий лише контактами контакторів КС–2 і КС–3. У ланцюзі дуги встановлюється робочий режим. При нанесенні покриттів «нейтральним» дротом або порошком подача дроту або порошку здійснюється натисканням у потрібний момент кнопки «Пуск 2». При натисканні кнопки «Пуск 2» спрацьовує реле РП3, що увімкне двигун подачі дроту або електромагнітний клапан ЕМК3 (у залежності від того, установлений тумблер–перемикач ТП2 у положення «нейтральний дріт» або «порошок»). Якщо тумблер ТП2 встановлений у положення «порошок», то включається реле РВ4 і через встановлену витримку часу замикає контакти в ланцюзі двигуна порошкового живильника і вібратора. Для припинення процесу необхідно знову натиснути педаль. При цьому відключається реле РП1, але реле РП2 залишається включеним. Після відключення реле РП1 відключаються реле РВ1, РВ3, РВ4, РП6, РП7, РП3, клапан ЕМК–2. Таким чином припиняється подача дроту, відключається двигун порошкового живильника вібратора і припиняється подача газу під робочим тиском. Після відключення реле РП6 джерело живлення відключається контактором КТ. Після відключення реле РП1 включається реле РП4. Реле РП4 включає реле РВ2, замикаються контакти в ланцюзі клапана ЕМК–3 і контакторів КС–2, КС–3 і включає клапан низького тиску ЕМК–1, починається продувка сопла. Після закінчення часу, необхідного для продувки, реле РВ2 розмикає контакти в ланцюзі котушки реле РП4. Реле РП4, РВ2, клапани ЕМК–1 і ЕМК–3 і контактори КС–2 і КС–3 відключаються. При нанесенні покриттів по

способу «дріт–анод» відмінність у послідовності спрацьовування апаратури полягає в тому, що одночасно з включенням контактора робочого ланцюга, контактами реле РП7 включається реле РПЗ, що замикає контакти в ланцюзі двигуна дроту, починається подача дроту вперед. Відбувається порушення дуги між дротом, що є анодом і вольфрамовим електродом (катод).

При використанні як джерела живлення зварювальних перетворювачів ПС–500 перед початком процесу металізації включають приводні двигуни перетворювачів кнопкою «Пуск 1». На вихідних клеммах перетворювачів ПС–500 при цьому маємо знижену напругу холостого ходу, тому що в ланцюзі обмотки збудження генераторів включені додаткові опори СД1 і СД2. Після натискання педалі, що включає, і включення реле РП6, додаткові опори СД1 і СД2 шунтуються контактами реле РП6, що викликає збільшення напруги холостого ходу генераторів до нормального значення. По закінченні робочого процесу (після відключення реле РП6) додаткові опори СД1 і СД2 знову вводяться в ланцюг обмоток збудження, що приводить до розмикання ланцюга дуги.

2.5 Принципова схема газопостачання

Система газопостачання (додаток Б) забезпечує за допомогою газової апаратури подачу плазмоутворюючих газів у пальник і газу на подачу порошку. Включення і відключення газової апаратури забезпечується електричною схемою шафи.

Плазмоутворюючі гази з балонів підводяться за допомогою шлангів на панель шафи. Робочий тиск газу регулюється редукторами. Ручка крана 19 встановлюється у відповідні робочому газу положення: «аргон» чи «азот». Далі гази, що підведені до шафи, надходять на панель до ротаметрів. Для блокування включення дуги в газову мережу передбачене газове реле, що забезпечує включення дуги тільки при надходженні газу в пальник. Змішування газів водню з аргоном або азотом здійснюється в змішувачі 21. Включення газів на подачу в пальник здійснюється за допомогою двох електромагнітних клапанів 14 і 15. Третій клапан 13 призначений для включення аргону на подачу порошкових матеріалів з живильника 3. У ланцюгах

запобігання гасіння дуги при включенні подачі азоту після порушення допоміжного дугового розряду аргонном, у трубопроводі газу убудований ресивер 18. Газові шланги до пальників підключаються до штуцерів на панелі шафи.

Порушення дуги здійснюється на аргоні, включення подачі газу здійснюється в пальник електромагнітним клапаном 14. При переході на робочий тиск газу електромагнітний клапан відключається з одночасним включенням клапана 15 на робочий режим. Робоча витрата плазмоутворюючих газів встановлюється вентилями з написом: «великий» і «початковий». При роботі один з вентилів закривається. Вода на охолодження пальника підводиться через трубопроводи шафи. У ланцюгах запобігання згорання сопла пальника включення дуги повинне відбуватися тільки після подачі в пальник охолоджувальної води для чого в трубопровід системи охолодження встановлене гідравлічне реле.

2.6 Джерело живлення типу ІПН–160/600

Джерело складається з трифазного силового трансформатора з повільним регулюванням робочого струму випрямного блоку шахтної конструкції, комутаційної і пускорегулюючої апаратури. У джерелі передбачено перемикач для одержання холостого ходу, В: 80, 120 і 160.

Апаратура джерела розміщена у шафі, що встановлена на візку. У джерелі живлення передбачено дистанційне регулювання робочого струму.

2.7 Підготовка установки до пуску

Пакетним вимикачем «мережа» шафи керування включити схему керування. Відкрити вентиль водопровідної магістралі. Тиск води на вході в шафу управління повинен бути 0,4–0,5 МПа, а витрата води не менш 10 л/хв. Примітка: Якщо водопровідна магістраль не забезпечує необхідного тиску води, то рекомендується встановити

індивідуальний насос.

Встановити тумблер переключення процесів нанесення покриттів у положення «порошок»; «дріт – нейтральний» чи «дріт – анод», відповідно застосовуваному процесу.

Встановити кран переключення газової магістралі, що розташований на правій стінці шафи управління в положення «аргон» чи «азот» у залежності від виду основного плазмоутворюючого газу.

При металізації дротом редуктором на балоні з аргонном встановити тиск газу 0,35–0,4 МПа, а при напилюванні порошком 0,25–0,3 МПа. А у випадку використання робочого газу – азоту такий же тиск встановити редуктором на балоні з азотом.

Встановити початкову витрату аргону, що відповідає положенню поплавця на 34–40 розподілів ротаметра, для чого тумблер перевірки роботи газових клапанів переключити в положення «низький тиск» і вентилем ротаметра «початковий результат» відрегулювати витрату газу.

Встановити витрату основного плазмоутворюючого газу відповідно технологічному режиму нанесення покриттів для чого тумблер перевірки роботи газових клапанів переключити в положення «робочий тиск» і вентилем ротаметра відрегулювати подачу плазмоутворюючого газу. У процесі регулювання подачі плазмоутворюючого газу необхідно також перевірити герметичність системи охолодження плазмового пальника. Примітка: Розрахунок витрати плазмоутворюючого газу робити за графіком ротаметра з урахуванням тиску газу, що реєструється манометром.

Перевірити правильність послідовності спрацьовування схеми управління і справність роботи осцилятора. Цю перевірку необхідно робити не включаючи кнопки «Пуск» джерела живлення. У випадку роботи від напівпровідникового джерела живлення необхідно поставити перемикач джерела живлення ИПН–160/600 у положення «настроювання».

Схема управління при натисканні пускової педалі повинна спрацьовувати в наступній послідовності:

а) включення подачі аргону для порушення допоміжного дугового розряду;

б) включення контактора КС–1, встановленого в ланцюзі допоміжного розряду і осцилятора. Момент включення контактора КС–1 задається за допомогою реле часу РВ–2, що повинно бути

відрегульоване на спрацьовування через 3 – 4 с;

в) включення подачі робочого плазмоутворюючого газу через один з вентилів робочої витрати (через вентиль – 5 «початковий» чи «великий») і включення контакторів КС–2 і КС–3. Одночасно здійснюється відключення осцилятора. Момент початку цієї частини циклу задається за допомогою реле РВ–1, що повинне бути відрегульоване на час 5–6 с.

Відключення контактора КС–1. Момент відключення контактора КС–1 задається за допомогою реле часу РВ–3, що повинно бути відрегульоване на час 2–3 с.

Відключення установки здійснюється повторним натисканням педалі. При цьому відключається подача робочого газу, відключається силовий ланцюг, включається подача газу при початковій витраті. Ця частина циклу роботи схеми передбачена для того щоб забезпечити охолодження вольфрамового електрода в потоці захищеного газу. Тривалість продувки плазмового пальника захищеним газом задається за допомогою реле РВ–2 і складає 2–3 с.

Перевірити подачу напилюваного матеріалу у випадку напилювання порошкових матеріалів. Для цього необхідно:

а) тумблером «газ подачі порошку» включити газ для подачі порошку;

б) включити тумблер вібратора «порошковий дозатор», за допомогою якого включається двигун порошкового дозатора і вентиля на ротаметрі «подача порошку» відрегулювати витрату газу, що відповідає технологічному режиму нанесення покриттів;

в) регулятором швидкості на пульті управління відрегулювати подачу порошку.

Після перевірки роботи дозатора спочатку виключити двигун порошкового дозатора, а потім клапан подачі газу (відключивши спочатку тумблер «порошковий дозатор», а потім тумблер «газ для подачі порошку»).

При металізації дротом встановити дріт за допомогою механізму напрямку в правильне положення відносно плазмового пальника. При металізації за схемою «дріт – анод» механізм повинен забезпечувати подачу дроту точно по осі каналу сопла на відстані 2–3 мм від сопла плазмового пальника.

2.8 Пуск установки

Включити «джерело живлення». Для цього перемикач джерела живлення встановити в положення «робота». У випадку роботи від генератора включення джерела живлення здійснюється кнопкою «Пуск1».

Натисканням пускової педалі збудити в плазмовому пальнику дуговий розряд. Спочатку збуджується допоміжний дуговий розряд. У випадку металізації нейтральним дротом, а також при напилюванні покриттів порошком струм допоміжного розряду повинен бути 100...150 А. У випадку металізації за схемою «дріт-анод» струм допоміжного розряду повинен бути в межах 80...100 А. Після порушення допоміжного розряду при металізації за цією схемою включення подачі дроту, що розпорошується, здійснюється автоматично.

Перед напилюванням ручку тумблера «Вібратор і порошок дозатор» поставити в одне з положень:

1. При установці в ліве положення включити вібратор.
2. При установці в середнє положення вібратор відключений.
3. При установці в праве положення вібратор включається одночасно з двигуном порошкового дозатора.

Регулювання робочого режиму роботи регульовальними пристроями джерела живлення і вентилями ротаметра контролю витрати робочого газу.

Включити подачу напилюваного матеріалу. При металізації за схемою «дріт – анод» подача дроту включається автоматично після включення робочого режиму напилювання. При металізації за схемою «дріт-нейтральний» і напилюванні порошком включення подачі напилюваного матеріалу здійснюється натисканням кнопки «Пуск2» (подача дроту або порошку) після налагодження режиму роботи плазмового пальника. При напилюванні порошкових матеріалів після включення клапана подачі газу в порошок дозатор і двигуна дозатора, необхідно вентиляем на ротаметрі відрегулювати витрату газу, а потім регулятором швидкості на пульті управління відрегулювати подачу порошку в плазмовий струмінь.

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

- 3.1. З яких вузлів складається установка УПУ–3?
- 3.2. Призначення установки УПУ–3.
- 3.3. Параметри технологічного процесу плазмового напилення.
- 3.4. Підготовка установки УПУ–3 до напилення покриттів.
- 3.5. Робота принципової електричної схеми установки.
- 3.6. Принципова схема газоводопостачання.
- 3.7. Пуск і останов установки УПУ–3.
- 3.8. Принципові схеми отримання плазми. Переваги та недоліки використання кожної.
- 3.9. Конструкція та вимоги до джерела живлення ИПН-160/600.
- 3.10. Принцип роботи установки УПУ–3.
- 3.11. Технічні характеристики установки УПУ–3 та шафи управління.

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1. Зразки для напилення товщиною 6-10 мм.
2. Лупа 4-6 –х кратного збільшення.
3. Металева щітка.
4. Молоток.
5. Твердомір.
6. Установка УПУ – 3.

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Сумлінно виконувати усі вимоги техніки безпеки згідно з існуючою інструкцією у лабораторії зварювання плавленням. Перед початком роботи необхідно оглянути кожну одиницю обладнання і переконатися в надійному їх заземленні. Роботу на

обладнанні проводити відповідно з технологічною інструкцією на експлуатацію блока плазмового напилення, яка зафіксована на передній панелі кожної одиниці обладнання, лише після отримання допуску і під безпосереднім контролем викладача (лаборанта).

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Ознайомитися з загальними відомостями.
2. Вивчити основні принципи роботи на установці УПУ–3.
3. Здійснити напилення зразків.
4. Візуально оцінити якість отриманих плазмових покриттів на відсутність сколів, відшарувань, спучень, тріщин і т.і.; виміряти товщину покриттів; оцінити шорсткість покриттів.
5. Замірити твердість та мікротвердість отриманих зразків.
6. Оформити результати роботи та скласти звіт.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

- 7.1. Назва роботи.
- 7.2. Мета роботи.
- 7.3. Схема процесу плазмового напилення.
- 7.4. Результати досліджень впливу основних параметрів режиму напилення на властивості покриттів.
- 7.5. Висновки по виконаній роботі.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Інженерія поверхні: Підручник / К. А. Ющенко, Ю. С. Борисов, В. Д. Кузнецов, В. М. Корж — К.: Наукова думка, 2007. — 559 с. — ISBN 978-966-00-0655-3.