МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи № 6
«Вивчення впливу режиму електродугової металізації на властивості напиленого покриття» з дисципліни «Наплавлення та напилення» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» всіх форм навчання

2019

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 6 «Вивчення впливу режиму електродугової металізації на властивості напиленого покриття» 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», 2019. - 10 с.

Укладачі: Ю.М. Савонов, канд. техн. наук, доцент
О.Є. Капустян, старш. викл.;
Рецензент: М.І. Андрущенко, канд. техн. наук, доцент
Редактор: І.П. Аверченко
Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено
на засіданні кафедри ОТЗВ
Протокол №15 від 22.05.2019 р.

Рекомендовано
до видання НМК ІФФ
Протокол №8 від 20.06.2019 р.

1 МЕТА РОБОТИ

Дослідження впливу параметрів електродугового напилення на властивості покриття.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

2.1 Параметри електродугового напилення

До основних параметрів режиму електродугової металізації (ЕДМ), що впливають на якість покриття відносяться:

– тиск повітря, що розпилює метал;
– відстань від сопла пістолета до деталі;
– значення струму і напруги;
– швидкість подачі дроту;
– швидкість металізації, тобто переміщення поверхні деталі відносно потоку металу, що розпилюється;
– швидкість подачі металізатора, тобто швидкість переміщення пістолета паралельно осі обертання деталі за один її оборот.

Конструктивні параметри. Найбільше впливає на процес розпилення форма і розміри сопла. В основному, застосовують циліндричні сопла з d = 3—6 мм. Для створення ефективного потоку, що розпорошує, такі сопла вимагають великої витрати газу 50…60 $м^3$/год. Іншим недоліком циліндричних сопел є вплив дроту на характер витікання транспортуючого газу, зокрема, на більш високий ступінь турбулентності. Звичайно циліндричні сопла працюють у режимі «недорозширення». Статичний тиск газу на зрізі сопла вище атмосферного. У цьому випадку струмінь дорозширюється за межами сопла. Такий режим роботи відносять до нерозрахованого. У надзвуковому струмені нерозрахованого режиму виникають стрибки ущільнення, супроводжувані ударними хвилями. На їхнє утворення затрачається значна частина енергії струменя. В умовах «недорозширення» ефективна довжина струменя знижується, а її здатність до розпорошування падає. Відзначені недоліки значною мірою усуваються із застосуванням циліндричних сопел у сполученні з кількісною частиною, що розширюється.

Діаметр циліндричних сопел вибирається в межах 4—6 мм. У конічній частині, що розширюється, діаметр дорівнює 6,5-8,5 мм. Загальна довжина сопла складає 30—50 мм.

Кут схрещування електродів впливає на формування потоку напилюваних часток. При малих кутах часто спостерігається утворення двох потоків часток, відповідно з кожного дроту. Великі кути утрудняють конструктивне виконання розпилювача; на практиці кут схрещування дорівнює 30°. На процес розпилення впливає конструкція контактних пристроїв. Зі збільшенням довжини контакту знижується сумарне падіння напруги. Допускається сумарне падіння напруги, рівне 0,8…1,0 В на 1000 А. Більш досконалі конструкції забезпечують 0,2…0,3 В на 1000 А.

Параметри режиму роботи електродугового розпилювача Найбільш важливими параметрами режиму роботи є потужність дуги (Nд) і витрата газу, що розпорошує. Процес розпилення доцільно вести при мінімальних значеннях питомої енергії, що затрачується на плавлення, перегрів і випаровування металевого матеріалу. Зі збільшенням Nд зростають утрати перегрітого металу на випаровування і можливе розбризкування при формуванні покриття. Однак збільшення ентальпії температури часток позитивно впливає на якість покрить. Обрана потужність дуги визначає як продуктивність процесу, так і ентальпію потоку часток. Ефективний ККД розпилення складає 0,7…0,85 і є найвищим із усіх методів газотермічного напилювання. Потужність дуги визначається значеннями струму і напруги. Напруга дуги ; звичайно не є регульованим параметром. Необхідну величину потужності встановлюють за допомогою зміни струму дуги. У практиці електродугової металізації використовують потужності 5…20 кВт, силу струму 80…600 А і напругу 18…35 В.

Тиск, витрата і властивості газу, що розпорошує, дуже впливають на всі показники ефективності процесу. Збільшення тиску газу, а отже, і його витрати приводить до зростання швидкості струменя і її здатності до розпорошування. Необхідно прагнути до надзвукового характеру витікання з мінімальним перепадом тисків на зрізі сопла. При цьому полегшується евакуація розплавленого металу з поверхні плавлення дроту, його диспергування і зростання швидкості часток. У практиці тиск газу, що розпорошує, вибирають рівним 0,35…0,55 МПа. При цьому його витрата складає 60…150 м/год.

Параметри матеріалу, що розпорошується, і введення у зону нагрівання Найбільш важливими параметрами є діаметр електродного дроту і швидкість його подачі. Діаметр дроту вибирають у межах 1,0—3,5 мм. При максимальних діаметрах можна домогтися більш високої продуктивності. Необхідно враховувати, що зі збільшенням діаметру дроту підсилюється турбулізація струменя, що розпорошує.

Малі діаметри дроту, крім того, ускладнюють процес. При цьому потрібна висока, швидкість подачі; спостерігається інтенсивне блукання торців дроту, що плавляться. Швидкість подачі дроту вибирають максимальну для заданого режиму роботи розпилювача. Завдяки цьому досягаються мінімальні значення питомої потужності дуги. У практиці електродугової металізації швидкість подачі дроту складає 0,05—0,35 м/с чи продуктивність розпилення 2—50 кг/год.

Істотний вплив на процес, робить довжина вильоту дроту з контактного пристрою. Зі збільшенням LВ починає виділятися джоулево тепло, Особливо це характерно для металів з підвищеним питомим електроопором (сталь, титан, нікель та ін.). Для таких металів швидкість плавлення дроту зростає на 10—20 %. Збільшення вильоту приводить до небажаного блукання торців дроту.

Параметри, що характеризують зовнішні умови напилювання.

Кут зустрічі потоку з поверхнею напилювання складає 65— 90°. Мінімальний кут складає 45°. Дистанція напилювання L знаходиться в межах 60—150 мм. Швидкість переміщення плями напилювання обмежують межами 30—50 м/хв.

2.2 Технологія нанесення покриттів

Технологія нанесення металевих покриттів складається з підготовки поверхні, нанесення покриття і, у разі потреби, його наступної обробки.

Підготовка поверхні має метою видалити з неї всякого роду забруднення і оксидну плівку, а також додати їй можливо більшу шорсткість, тому що метал, що розпорошується, із гладкою поверхнею зчіплюватися не може. Для тіл обертання застосовується підготовка поверхні нарізанням «рваної різьби». Підготовлену поверхню варто металізувати не пізніше двох годин після закінчення

підготовки.

Режими роботи металізатора встановлюються оператором у залежності від джерела електричного живлення, застосованого металу, діаметра дроту, тиску стислого повітря. При цьому:

- відстань, від зони плавлення дроту до напилюваної поверхні варто витримувати в межах 100…150 мм;
- при нанесенні покриття необхідно уникати нагрівання поверхні, що напилюється вище 70…80 ^{o}C;
- товщина шару на плоских поверхнях звичайно не повинна перевищувати 300 мкм.
- покриття повинне бути дрібнозернистим, без великих включень і бризг.

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Призначення металізатора електричного ЭМ-12-67.
2. Підготовка металізатора до роботи.
3. Особливості технології електродугової металізації.
4. Особливості роботи металізатора на змінному та постійному струмі.
5. Параметри режиму електродугової металізації.
6. Переваги та недоліки електродугової металізації для відновлення деталей машин.
7. Як впливає тиск стисненого повітря на властивості напилених покриттів?
8. Як впливає дистанція напилення на властивості покриттів?
9. Як впливає значення напруги і сили струму на властивості напилених покриттів?
10. Як впливає діаметр сопла та кут зустрічі дротів на властивості напилених покриттів?

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1. Лупа 4-6-× кратна.
2. Твердомір.
3. Котушки з електродним дротом.
4. Головка металізатора ЭМ -12-67.
5. Джерело живлення.

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. Все устаткування, що знаходиться під дією струму високої напруги повинне бути надійно заземлено.
2. Для заземлення металізатора передбачений спеціальний болт, що розташований у нижній частині корпусу привода.
3. Для захисту очей від дії електричної дуги оператор зобов'язаний користатися закритими захисними окулярами зі світлофільтром марки ТС-3.
4. Забороняється робити настроювання і регулювання розпилювальної головки металізатора, що знаходиться під струмом.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Підготувати установку електродугового напилення до роботи Параметри режиму роботи вибрати з табл. 6.1 або 6.2.
2. Дослідити вплив на властивості напиленого покриття:
   тиску стисненого повітря;
   дистанції напилення (50 мм, 100 мм, 150 мм, 200 мм);
   сили струму.
3. Результати дослідів оформити у вигляді таблиці 6.3.

Таблиця 6.1 – Режими роботи апарату ЭМ-12 на постійному струмі

Співвідношення зубів змінних шестерень			33-64	38-59 43-54		47-50	50-47	54-43	59-38	64-33
Розпилюваний матеріал	Інтервал напруги, В	Діаметр дроту, мм	Інтервал значень сили струму, А							
Цинк	17-23	1,5 2,0 2.5	70-80 90-110 120-170	80-90 13-150 150-200	90-100 150-160 200-270	100-130 190-220 310-370	120-140 220-250 350-420	130-170 270-300	180-210 320-380	230-260 430-500
Алюміній	23-30	1,6 2,0 2,5	80-90 140-160 200-230	100-120 170-190 220-260	130-150 200-220 300-340	160-180 270-290 360-420'	180-200 300-340 430-490	230-260 370-400	380-400 440-480	380-420
Сталь	25-30	1,6 2,0	160-170 240-250	220-230 340-350	290-300 460-470	350-360' 500-530	470-480			
Молібден	27-35	1,5	280-300	340-370	420-460					

Таблиця 6.2 – Режими роботи апарату ЕМ-12 на змінному струмі

Матеріал, що розпилюється	Діаметр дроту, мм	Змінні шестерні	Діаметр повітряного сопла, мм	Напруга, В	Сила струму, А
Алюміній	2,0 2,5	50-47 38-59	7 8	25 25	500 500
Цинк	2,0 2,5	54-43 43-54	7 8	23 23	450 500
Сталь	1,5 2,0	47-50 38-59	7 7	30 30	500 500

Таблиця 6.3 - Результати досліджень впливу параметрів режиму напилення на властивості покриттів

№ досліду	Досліджений параметр		Властивості покриття	
			Якість*	HRC
1. 2. 3.	Тиск повітря, МПа	0,3 0,45 0,6		
4. 5. 6. 7.	Дистанція напилення, мм	50 100 150 200		
8. 9. 10.	Сила струму, А			

* - якісне, хороше, погане

4. Скласти звіт по виконаній роботі.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Назва і мета роботи.
2. Схема процесу електродугового напилення.
3. Результати досліджень впливу основних параметрів режиму напилення на властивості покриттів.
4. Висновки по роботі.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Катц Н.В., Антошин Е.В., Вадивасов Д.Г. Металлизация распылением. М.: Машиностроение, 1966. - 199 с.

2. Кречмар 3., Шварц Г. Напыление металлов, керамики и пластмасс: Пер с нем. М.: Машиностоение, 1981. - 192 с.

3. 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.

4. Газотермические покрытия из порошковых материалов / Ю. С. Борисов, Ю. А. Харламов, С. Л. Сидоренко, Е. И. Ардатовская / Справ. — К.: Наукова думка, 1987. — 544 с.

5. ДСТУ 3761.5-98 Зварювання та споріднені процеси. Частина 5. Газотермічне напилення. Терміни та визначення.

6. Kuroda, Seiji; Kawakita, Jin; Watanabe, Makoto; Katanoda, Hiroshi (2008). Warm spraying—a novel coating process based on high-velocity impact of solid particles. *Sci. Technol. Adv. Mater.* 9 (3): 033002. doi:10.1088/1468-6996/9/3/033002.