МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи № 4
«Вивчення устаткування і технології газополуменевого напилення покриттів» з дисципліни «Наплавлення та напилення» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» всіх форм навчання

2019

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 4 «Вивчення устаткування і технології газополуменевого напилення покриттів» 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

Ознайомитись з будовою, принципом дії устаткування для газополуменевого напилення, технологією нанесення покриттів. Оцінити вплив якості підготовки поверхні на адгезію покриття.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Газотермічні покриття знаходять все більш широке застосування при відновленні розмірів спрацьованих деталей і нанесенні на їхню поверхню шарів зі спеціальними експлуатаційними властивостями - зносостійкістю, корозійною стійкістю, високими антифрикційними властивостями, тощо. Нанесення таких покриттів шляхом напилення у порівнянні з наплавленням має наступні переваги:

– покриття можна наносити на вироби із будь-яких матеріалів (метали, бетон, кераміку, скло, гіпс);

– напилювати можна як металеві, так і неметалеві покриття з оксидів, емалей, полімерів, тощо);

– практична відсутність при цьому нагріву деталей.

При напиленні дрібні частки матеріалу, призначеного для утворення покриття, нагріваються до температури плавлення і потоком газів з великою швидкістю наносяться на поверхню виробу, з якою вони зчеплюються за рахунок сил адгезії і механічного заклинювання в мікронерівностях. Не дивлячись на слабке зчеплення таких покриттів з поверхнею виробу, вони відзначаються високою працездатністю в умовах пресових посадок спряжених поверхонь, при терті ковзання. корозійних впливах, тощо. Тому застосування таких покриттів сприяє значному підвищенню працездатності деталей.

Серед відомих і найбільш розповсюджених способів нанесення гіпотермічних покриттів - дугового, плазмового, газового - останній відзначається мобільністю, простотою обладнання, що використовується, і кращими санітарно-гігієнічними умовами виконання процесу.

Газополуменеве напилення характеризується наступними перевагами:
– можливістю отримання покриттів товщиною до 10 мм (доцільна товщина від 0,5 до 5,0 мм);
– високою продуктивністю процесу (до 10 кг/год);
– відносно малою тепловою дією на основу (у межах 150...350 °С), що дозволяє наносити покриття на поверхні великого асортименту матеріалів, включаючи пластмасу;
– можливістю регулювання складу пальної суміші, яка подається у пальник;
– гнучкістю технологічного процесу та високою мобільністю обладнання, що дозволяє наносити покриття на деталі практично без обмежень їх розмірів, а в деяких випадках виконувати напилення на місці без демонтажу деталей;
– відносно низьким рівнем шуму та випромінювання;
– можливістю автоматизації процесу та встановлення в автоматичні лінії .

Основними недоліками газополуменевого способу нанесення покриттів є:
– недостатня міцність зчеплення покриття з основою (5...45 МПа) при випробуванні на нормальний відрив;
– наявність пористості (в межах 5...25%);
– невисокий коефіцієнт використання енергії газополуменевого струменя на нагрівання порошкового матеріалу (2...12%).

Цей метод знаходить широке застосування для нанесення покриттів з матеріалів, які мають температуру плавлення менше 2000°С. Тугоплавкі порошкові матеріали наносять переважно плазмовим способом.

За допомогою газополуменевого напилення наносять зносостійкі і корозійностійкі покриття із залізних, нікелевих, мідних, алюмінієвих, цинкових сплавів, бабітові покриття підшипників ковзання, електропровідні, електроізоляційні, декоративні покриття. В авторемонтному виробництві газополуменеве напилення застосовують для відновлення шийок валів, виготовлених з низько-, середньовуглецевих та нелегованих сталей, опор корінних підшипників блока циліндрів тощо. Широко застосовується для відновлення геометрії деталей насосно-компресорного устаткування, кришок і валів електродвигунів, нестандартного обладнання.

Покриття, отримані газополуменевим напиленням, можуть оброблятися різанням або шліфуванням.

При газополуменевому способі матеріал, що напилюється, розплавляється за допомогою ацетилено-кисневого, або пропано-кисневого полум'я, в середню зону якого він подається у вигляді дроту або порошку. Порошкові розпилювачі є універсальними і більш розповсюдженими, оскільки у вигляді порошку можна виготовити будь-який матеріал. У вигляді дроту присадку можна виготовити тільки з пластичних матеріалів. Тому дротяні металізатори відзначаються значно меншими можливостями з точки зору номенклатури матеріалів, що використовуються, хоч покриття, напилені дротяними металізаторами, мають більш високу і стабільну якість.

Для нанесення газополуменевим способом покриттів із металів, оксидів, кераміки використовують установки УГПТ, УПН-8-68 і апарат «Могул-9». До складу установок УГП та УПН-8-68 входять напилюючі пальники, порошкові живильники інжекторного типу, котрі підключаються до напилюючих пальників за допомогою шлангів для транспортування порошку, а також пальників типу ГС-4 з багатосопловими мундштуками для оплавлення покриттів.

В апаратах «Могул-9» малогабаритна ємність з порошками розташована на корпусі розпилюючого пальника, що робить його більш мобільним у порівнянні з установками УПН-8-68 і УГПТ. Технічні дані для устаткування для напилення наведені в табл. 2.1.

Найбільш широке застосування вказані порошкові апарати знайшли при нанесенні зносостійких покриттів з хромонікелевих сплавів, легованих бором і кремнієм (Х18Н80СР+Х15Н75С5Р5), адгезійних нікель-алюмінієвих прошарків із термореагуючого порошку (НА-67) і жаростійких покриттів із окислів алюмінію. Покриття із хромонікелевих сплавів з бором і кремнієм відзначаються високою твердістю (HRC 35-65), мають високу корозійну стійкість в різних середовищах і тому сприяють істотному підвищення працездатності деталей при абразивному і корозійно-механічному зношуванні.

Технологічний процес нанесення покриттів включає наступні операції:

– очищення поверхні виробу від бруду і мастила.

– активація поверхні виробу і створення на ній шершавості з R_a = 25-100 мкм для забезпечення міцного зчеплення матеріалу, що напилюється.

– запуск в дію пальника апарату без подачі порошку і підігрів його факелом полум'я поверхні виробу до t = 100-200 °С. Можна нагрівати деталь й іншими джерелами тепла.

– напорошення поверхні виробу до отримання необхідної товщини покриття з урахуванням припуску на механічну обробку.

– контроль якості покриття.

Таблиця 2.1

Назва установки	Робочі гази		Матеріал, що напилюється		Максимальна продуктивність напилення, кг/год
	вид	Витрата, $м^3$/год	Вид	Грануляція, мм	
УПН-68	ацетилен кисень	1,7 2,2	Метал Кераміка (Al_2O_3)	0,04-0,15 0,03-0,07	1,0 1,5
УГПТ	ацетилен кисень	1,3 2,5	Метал Кераміка (Al_2O_3)	0,03-0,16 0,03-0,07	12,2 2,5
Могул-9	ацетилен кисень	0,95 1,7	Метал Кераміка (Al_2O_3)	0,04-0,12 0,03-0,06	8,0 2,2

При необхідності, на підготовлену поверхню виробу, перед напиленням робочого шару покриття, наносять адгезійний шар товщиною 0,1-0,15 мм за допомогою термореагуючого нікель-алюмінієвого порошку (НА-67, ПН85Ю15).

Робоче покриття наносять за декілька проходів тонкими шарами, товщина яких не повинна перевищувати 0,3 мм. Параметри режиму напилення мають забезпечувати одержання високої якості покриття з потрібними експлуатаційними властивостями. Режими напилення підбираються заздалегідь на дослідних зразках.

На готовому виробі якість покриття оцінюють за зовнішнім виглядом, а також шляхом обстукування. Покриття повинне бути щільним без крупного набризку і мати вигляд дрібного наждачного паперу. В ньому не повинно бути тріщин, підпалин (перегрітих зон) і

відшаровувань. Невидимі для ока відшаровування визначають простукуванням (з'являється деренчливий звук). При наявності таких дефектів покриття бракується.

Високошвидкісне (надзвукове) газополуменеве напилювання — одна з технологій газотермічного напилення захисних покриттів, при якій порошковий матеріал наноситься на підкладку на високій (зазвичай до трьох швидкостей звуку) швидкості.

Для напилення використовують надзвуковий газовий струмінь, який формується спеціальним пальником з камерою прискорення ракетного типу при спаленні гасу,ацетилену, пропану, водню, пропілену або метил-ацетилену при тиску 0,6…0,8 МПа у суміші з киснем під тиском 1,2 МПа.

Швидкість струменя продуктів згоряння при способі HVOF сягає від 1350 до 2880 м/с, швидкість частинок матеріалу, що напилюється — від 300 до 1000 м/с, а температура горіння — 3100 °С.

З використанням високошвидкісного напилення наносяться покриття з карбідів. Карбід вольфраму та хрому, порошків на базі нікелю, кобальту чи заліза. Важливою перевагою технології є малі значення механічних напружень розтягу в таких покриттях, що дозволяє отримувати шари товщиною до 5 мм.

Дослідженнями показано, що механічні властивості покриттів з карбіду вольфраму у випадку нанесення високошвидкісним методом виявилися вищими, ніж при плазмовому напиленні, напиленні газодинамічним методом у вакуумі чи детонаційним методом. Зокрема йде мова про високі адгезійні та когезійні властивості. Отриманий ефект пояснюється відносно низькою робочою температурою — до 3000°С і великими — до 500 м/с швидкостями руху частинок. Відзначена також висока якість покриттів WC-Co, отриманих тим же методом. Покриття відрізняються високою міцністю зчеплення з основою, щільністю, твердістю та збереженням значної масової частки (%) WC.

При реалізації технології дисперсність порошку повинна бути до 45 мкм, витрати порошку з керамічних матеріалів — 2…2,5 кг/год, а з металевих 4…6 кг/год.

Через високу швидкість потоку газу і розплавленого металу покриття присутня значна віддача, що практично повністю виключає можливість ручного нанесення покриттів. Для отримання однорідного

шару рівномірної товщини в промисловості при нанесенні покриття високошвидкісним методом використовуються спеціальні роботизовані або механізовані установки.

Технологія широко застосовується для створення твердосплавних покриттів як екологічно чистіша і гнучкіша заміна гальванічних методів, хіміко-термічної обробки для захисту від корозії та зносу плунжерів, штоків компресорів і запірної арматури, шиберів, каландрових валів, деталей бурового та нафтовидобувного обладнання, авіаційної техніки. Технологія також застосовується для створення термобар'єрних покриттів деталей газотурбінних двигунів.

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Суть процесу напилення покриттів газополуменевим методом.
2. Будова і властивості покриттів.
3. Будова пальників для напилення.
4. Яка технологія нанесення покриттів?
5. Які фактори впливають на якість покриттів?

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1 Порошок ПГ-10-Н-01 (80Х17Н75С4РЗ);
2 Пластини з маловуглецевої сталі:
- неочищена;
- очищена шліфована;
- очищена з мікрорельєфом після струменевої обробки.
3 Молоток, ніж.
4 Установка УПН 8-68;
5 Апарат «Могул-9»;

6 Газовідбірний пост.

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. Нанесення газотермічних покриттів можна проводити на робочому місці, обладнаному витяжною шафою при ввімкненій витяжній вентиляції.
2. Роботи проводити під наглядом учбового майстра або лаборанта.
3. При проведенні напилення користуватися захисними окулярами, халатом, фартухом.
4. При запалюванні полум'я мундштук розпилюючого пальника направляти у витяжну шафу.
5. Запуск установки в дію і вимикання здійснювати строго відповідно до вимог технічного паспорта.
6. Брати руками напорошені деталі можна тільки після їх повного остигання.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Ознайомитись з будовою, принципом дії і порядком запуску, згідно технічного паспорта, в роботу установки УПН-8-68 і апарата "Мотул-9".
2. Підключити апарат "Могул-9" до газовідбірного поста, засипати порошок в порошковий живильник і здійснити пуск апарата в роботу.
3. Встановити поруч 3 пластини з різною підготовкою поверхні і провести їх напилення, рівномірно переміщуючи газопорошковий факел по всій поверхні пластин.
4. Виключити апарат. Після остигання пластин оцінити якість покриття зовнішнім оглядом, а його адгезію – простукуванням, дряпанням ножем. Зробити висновок про вплив підготовки поверхні

на якість покриття.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Назва і мета роботи.
2. Технологія нанесення покриттів.
3. Схема компоновки установок для напилення та їх технічні дані.
4. Методика проведення експерименту, аналіз отриманих результатів.
5. Висновки по роботі.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Петров Г.Л., Буров П.Г., Абрамович В.Ф. Технология и оборудование газопламенной обработки металлов. - Л.: Машиностроение, 1978. - 227 с.

2. Какуевицкий В.А. Применение газотермических покрытий при изготовлении и ремонте машин. К.: Техніка, 1989 - 174 с

3. Линник В.А., Пекшев П.Ю. Современная техника газотермического нанесения покрытий - М.: Машиностроение, 1983 - 127 с.

4. Астахов Є. А., Артемчук В. В. Особливості застосування газотермічного нанесення відновлювальних покриттів / Восточно-Европейский журнал передовых технологий. № 3/5 (57) 2012. С.4-10.

5. 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

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

7. Куницкий Ю. А. Некристаллические металлические материалы и покрытия в технике / Ю. А. Куницкий, В. Н. Коржик, Ю. С. Борисов. — К.: Техніка, 1988. — 198 с.

8. Корж В. М. Технологія та обладнання для напилення: Навчальний посібник. — К.: НМЦВО, 2000. — 152 с.