



Технологія нанесення та властивості покриттів

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)/дистанційна /змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити/120 годин, 28 год лекцій, 18 год лабораторні заняття, 74 год срс</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент Білик Ігор Іванович, т.067 772 30 02 Лабораторні заняття: к.т.н., доцент Білик Ігор Іванович, т.067 772 30 02</i>
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Напилення покриттів широко застосовується в різних галузях промисловості для захисту поверхонь різних деталей від зношування, а також від корозії в агресивних середовищах. Крім цього, технологія напилювання дозволяє відновлювати зношені деталі машин і механізмів, що дає значну економію матеріалів. Вивчатися в дисципліні будуть обладнання і технології газотермічного і вакуумно-конденсаційного напилювання, матеріали які використовують для їх реалізації.

Набуті знання дозволять вільно орієнтуватися в технологічних особливостях напилення,

прогнозувати їх властивості і створювати покриття з заданими властивостями.

120 годин обсягу дисципліни “Технологія нанесення покриттів та їх властивості” включають 36 годин лекцій, 18 годин лабораторних і 66 годин СРС.

Метою навчальної дисципліни є набуття студентами таких здатностей як

- Здатність визначати умови отримання напилені покриття із заданими властивостями з металів, сплавів та тугоплавких сполук
- Здатність обирати технологічний процес та його оптимальні умови для отримання покриттів з композиційних, наноструктурованих та порошкових матеріалів.

Що підсилюють у студентів фахові компетентності спеціальності, як то:

- Здатність застосовувати сучасні методи математичного та фізичного моделювання, дослідження структури, фізичних, механічних, функціональних та технологічних властивостей матеріалів для вирішення матеріалознавчих проблем.
- Здатність обирати технологічний процес та його оптимальні умови для отримання виробів з композиційних, наноструктурованих та порошкових матеріалів.
- Здатність визначати вид та необхідну кількість технологічного обладнання та його конструктивних елементів для одержання порошків та виробів з них.

Предмет навчальної дисципліни «Технологія нанесення покриттів та їх властивості» – технології напилювання та обладнання для її реалізації.

Після вивчення дисципліни студенти повинні демонструвати такі **результати навчання**:

- Розуміти будову металевих, неметалевих, композиційних та функціональних матеріалів для нанесення покриттів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали покриттів для виробів різного призначення.
- Здійснювати технологічне забезпечення виготовлення матеріалів та виробів з них.
- Вміння обирати послідовність та параметри технологічних процесів для одержання покриттів з дисперсних матеріалів для заданих умов експлуатації.
- Уміння розраховувати необхідну кількість технологічного обладнання для нанесення покриттів та його конструктивних елементів.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Дисципліни, знання з яких необхідні для вивчення дисципліни:

- Фізика;
- Хімія;
- Основи металознавства;
- Матеріалознавство тугоплавких матеріалів;
- Методи моделювання та оптимізації
- Механічні властивості матеріалів.

Знання, що студент отримає під час вивчення дисципліни «Технологія нанесення покриттів та їх властивості» необхідні студентам для підготовки звітів з переддипломної практики та дипломного проектування. Результати вивчення дисципліни є складовою інтегральної компетентності підготовки за освітньо-професійною програмою.

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ. Організація очного /дистанційного навчання

Розділ 1.

Тема 1.1. Плазмові способи напилювання покриттів. Плазмотрони, конструкції і принцип роботи, конструкційні особливості плазмотронів. Багатодугові плазмотрони. Промислові установки для газового напилювання. Переваги і недоліки плазмового напилювання.

Тема 1.2. Електродугова металізація. Принцип роботи і схема розпилювальних головок електрометалізаторів. Особливості розпилення. Конструкційні особливості електрометалізаторів EM-12, EM-14, EM-15 та комплекту дугової металізації КДМ-2. Переваги і недоліки електродугової металізації. Джерела струму плазмових і електродугових установок. Вольтамперні характеристики. Система збудження дуги. Тигельний і індукційний способи напилювання покриттів. Загальна характеристика і принцип роботи. Переваги і недоліки.

Розділ 2

Тема 2.1. Газоповітряний спосіб напилювання. Короткі відомості про гази, які застосовуються, схеми пальників і їх особливості. Конструкції газо-полум'яних сопел. Інжекторні і без інжекторні розпилювачі. Пристрої для транспортування порошків. Переваги і недоліки газоповітряного напилювання.

Тема 2.2. Газокисневий спосіб напилювання покриттів (детонаційно - газове напилювання). Загальні відомості про детонацію і рух газопорошкових сумішей. Схеми роботи детонаційних установок. Конструкції стволів установок і дозаторів порошку. Апаратура обладнання для нанесення покриттів. Схема АДК, потужність та характеристика одержаних покриттів. Параметри детонаційного напилювання та їх взаємозв'язок. Оптимізація параметрів детонаційного напилювання. Переваги і недоліки детонаційного напилювання. Області застосування.

Розділ 3. Вакуумно - конденсаційні способи нанесення покриттів

Тема 3.1. Загальна характеристика вакуумно-конденсаційних способів напилювання. Випаровування матеріалів. Основні закономірності. Закон Рауля, правило Ленгмюра. Розпилення. Конденсація. Коефіцієнт конденсації і схема утворення покриття.

Тема 3.2. Напилювання покриттів термічним випаровуванням. Способи випаровування-розпилення матеріалів. Конструкції випаровувачів і способи нагріву розпилюваних матеріалів. Установки термічного напилювання. Напилювання покриттів вибуховим розпиленням матеріалів. Способи розпилення та застосування дуги низького тиску. Установки, їх характеристика. Переваги і недоліки способу.

Тема 3.3. Напилювання покриттів іонним розпиленням. Механізми розпилення. Ефективність і коефіцієнт розпилення. Діодна і тріодна схеми іонного розпилення. Магнетронна схема іонного розпилення. Установки, їх характеристика. Переваги і недоліки способу. Реакційне напилювання покриттів. Особливості реакційного напилювання. Схема процесу, установок. Переваги і недоліки.

Розділ 4. Матеріали для нанесення покриттів

Тема 4.1. Загальні відомості про порошкові і дротяні матеріали для напилювання. Вимоги до порошків, стандарти, позначення і рекомендація по застосування. Технологія одержання матеріалів для напилювання. Одержання плакованих порошків. Додаткова обробка матеріалів, гнучкі порошкові дроти, особливості напилювання. Вибір матеріалів та способу напилювання відповідно до поставленого завдання.

Розділ 5. Технологія напилювання

Тема 5.1. Загальні відомості по технології газо-термічного і вакуумно-конденсаційного

способів нанесення покриттів. Основні параметри напилювання і схема технологічного процесу. Схеми підготовки поверхні для напилювання газотермічним і вакуумно-конденсаційним напилюванням. Підготовка матеріалів які напилюють. Технологічні особливості газотермічних способів напилювання покриттів. Загальні параметри газотермічного напилювання і їх вплив на процес напилювання. Напилювання покриттів із різних матеріалів, металів, металевих сплавів, сполук та їх сумішей.

Тема 5.2. Технологічні особливості вакуумно-конденсаційного напилювання і їх вплив на ефективність процесу напилювання. Обробка напилених покриттів. Механічна, хіміко-термічна та ін. Контроль якості покриттів. Визначення міцності зчеплення покриття з основою, твердості, пористості, газопроникності. Клейова та штифтова методику. Визначення товщини покриття. Апаратура та її характеристика. Вибір типу покриття, його складу і товщини способу його напилювання.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базові:

1. Корж В. М. Технологія та обладнання для напилювання : навчальний посіб. для студентів вищ. навч. закл. / В. М. Корж. – Київ : НМЦВО, 2000. – 152 с.
2. Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр «Обладнання та технологія напилених покриттів» / І. І. Білик. – Київ : КПІ, 1993. – 48 с.
3. Обладнання та технологія напилених покриттів : методичні вказівки до лабораторних робіт по курсу / І. І. Білик. – Київ : ІВЦ «Видавництво Політехніка», 2003. – 36 с.

Додаткові:

1. Білик І. І. Технологія та обладнання напилених покриттів : навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / І. І. Білик. – Київ : Політехніка, 2002. – 101 с.
2. Нанесення покриттів : навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / Корж В. М., Кузнецов В. Д., Борисов Ю. С., Ющенко К. А. – Київ : Арістей, 2005. – 150 с.

Зазначені базові навчальні матеріали є у вільному доступі у бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського і мережі Інтернет. Додаткові навчальні матеріали надаються для ознайомлення і глибшого розуміння предмету вивчення дисципліни.

Інформаційні ресурси:

1. www.sciencedirect.com
2. <http://www.tspc.ru>
3. <http://www.dimet.com.ua>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни

5.1. Лекційні заняття

Розділ 1.

Лекція 1. Історія розвитку покриттів, сучасний стан технології та обладнання, застосування в техніці. Класифікація по джерелу тепла, яке використовується в установках напилювання. Характеристика газоелектричного напилювання і обладнання для його реалізації. Установки, розпилювачі, переваги та недоліки.

Лекція 2. Електродугова металізація. Принцип роботи і схема розпилювальних головок електрометалізаторів. Особливості розпилення. Конструкційні особливості електрометалізаторів ЕМ-12, ЕМ-14, ЕМ-15 та комплекту дугової металізації КДМ-2. Переваги і недоліки електродугової металізації.

Лекція 3. Плазмове напилювання, конструкції плазмотронів, основні вузли плазмотронів та їх характеристика. Класифікація плазмотронів – однодугові, багато дугові та багато електродні. Джерела живлення плазмових та електродугових установок.

Лекція 4. Модульна контрольна робота.

Розділ 2.

Лекція 5. Характеристика газополуменевого напилювання і обладнання для його реалізації. Газоповітряний спосіб напилювання.

Лекція 6. Газокисневий спосіб напилювання покриттів (детонаційно - газове напилювання). Загальні відомості про детонацію і рух газопорошкових сумішей. Схеми роботи детонаційних установок. Конструкції стволів установок і дозаторів порошку.

Лекція 7. Апаратура і обладнання для нанесення покриттів газокисневим способом. Параметри детонаційного напилювання та їх взаємозв'язок. Оптимізація параметрів детонаційного напилювання. Переваги і недоліки детонаційного напилювання. Области застосування.

Розділ 3.

Лекція 8. Вакуумно-конденсаційний способи нанесення покриттів. Загальна характеристика. Принципові схеми.

Лекція 10. Напилювання покриттів термічним випаровуванням. Конструкції випаровувачів і способи нагріву розпилюваних матеріалів. Установки термічного розпилювання. Переваги і недоліки термічного розпилення. Вибухове розпилення. Установки та їх характеристики. Іонне розпилення. Діодна та тріодна схеми іонного розпилення, Магнетронна схема розпилення. Схеми та принцип роботи. Реакційне напилення. Схема та принцип роботи. Устаткування.

Лекція 11. Продовження. Напилювання покриттів термічним випаровуванням. Конструкції випаровувачів і способи нагріву розпилюваних матеріалів. Установки термічного розпилювання. Переваги і недоліки термічного розпилення. Вибухове розпилення. Установки та їх характеристики. Іонне розпилення. Діодна та тріодна схеми іонного розпилення, Магнетронна схема розпилення. Схеми та принцип роботи. Реакційне напилення. Схема та принцип роботи. Устаткування.

Розділ 4.

Лекція 12. Матеріали для нанесення покриттів. Загальна характеристика матеріалів для напилювання. Вимоги до матеріалів. Технології виготовлення матеріалів. Метод металотермії, розпилення, агломерації та плакування. Напилювання покриттів із різних матеріалів (металів, сплавів, сполук оксидів, дротів, гнучких порошкових дротів). Основні параметри напилювання. Оптиміальні параметри напилювання.

Розділ 5.

Лекція 13. Технологія напилювання. Основні параметри напилювання і схема технологічного процесу. Схеми підготовки поверхні для напилювання газотермічним і вакуумно-конденсаційним напилюванням. Підготовка матеріалів які напилюють. Технологічні особливості газотермічних способів напилювання покриттів. Загальні параметри газотермічного напилювання і їх вплив на процес напилювання. Напилювання покриттів із різних матеріалів, металів, металевих сплавів, сполук та їх сумішей.

Лекція 14. Залік.

5.2. Лабораторні роботи

Лабораторна робота 1. Будова і робота електродугових металізаторів (2 год).

Лабораторна робота 2. Будова і робота плазмових установок (2 год)

Лабораторна робота 3. Будова і робота вакуумних установок (2 год)
Лабораторна робота 4. Будова і робота газополумених установок (2 год)
Лабораторна робота 5. Будова і робота вакуумних установок з резистивним нагрівом (ВУП 5) (2 год)
Лабораторна робота 6. Будова і робота електронно-промених установок (2 год)
Лабораторна робота 7. Будова і робота установок вибухового розпилювання (ВУ 1Б) (2 год)
Лабораторна робота 8. Вплив технологічних чинників на якість газотермічних покриттів (2 год)
Лабораторна робота 9. Технологія отримання і контроль якості напиленних покриттів (2 год)

6. Самостійна робота студентів

Самостійна робота студентів 74 год складається з:

- підготовка до лекцій 36 год;*
- підготовка до лабораторних робіт, яка полягає у написанні протоколу 30 год;*
- підготовка до МКР 6 год;*
- підготовка до заліку 6 год.*

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни

Правила відвідування занять

Відвідування лекційних занять є бажаним, хоча і не обов'язковим. Відвідування лекційних занять дозволить студентам не тільки опанувати теоретичні знання безпосередньо на лекції, але і задати викладачу питання, що виникають під час викладання матеріалу лекції. Відвідування лабораторних занять є обов'язковим.

Правила поведінки на заняттях.

На усіх заняттях, лекційних і лабораторних, вітається відключення звукових сигналів телефонів. Під час проведення лабораторних робіт у очному режимі в лабораторії №024-9 корпусі студенти повинні суворо дотримуватись правил техніки безпеки.

Умовою допуску до виконання лабораторної роботи є наявність у студента написаного протоколу. За дистанційної форми навчання студенти отримують індивідуальний доступ до завдання для лабораторної роботи за адресою даною викладачем і не пізніше тижня після виконання роботи надсилають викладачу оформлений звіт. Перевірка здійснюється викладачем упродовж наступного тижня.

Перескладання заліку проводиться під час додаткової сесії за положенням "КПІ ім. Ігоря Сікорського" відповідно до графіку перескладань оприлюдненому на сайті ННІМЗ ім. Є. О. Патона.

Усі учасники освітнього процесу: викладачі і здобувачі в процесі вивчення дисципліни мають керуватись принципами академічної доброчесності, передбаченими «Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»» <https://kpi.ua/code>.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

8.1. Види контролю

- Поточний контроль: лабораторні роботи; модульна контрольна робота (МКР); теми, що виносяться на самостійну підготовку.*

- *Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.*
- *Семестровий контроль: залік.*

Кожний вид робіт оцінюється за 100-бальною шкалою. Семестрова оцінка формується як середня із суми оцінок за кожний вид робіт, що виконуються упродовж семестру:

$$O_{\text{семестр}} = \frac{\sum_{1-9} O_{\text{ЛР}} + O_{\text{МКР}}}{10}. \quad (1)$$

8.2. Критерії нарахування балів

Лабораторні роботи (ЛР)

До кожної лабораторної роботи студент повинен підготувати протокол, який складається із:

- *номера;*
- *назви;*
- *мети;*
- *теоретичних відомостей, до яких включають основні визначення та умовні позначення;*
- *порядок виконання.*

За дистанційної форми навчання напередодні заняття студенти відправляють написаний від руки протокол викладачу для перевірки. На занятті студенти допускаються до тестів з теорії лабораторної роботи. Після чого викладач проводить презентацію online для ознайомлення студентів із обладнанням і алгоритмом проведення лабораторної роботи. В кінці лабораторної роботи студенти отримують доступ до завдання. Упродовж тижня студенти оформляють протокол лабораторної роботи відповідно до вимог завдання і надсилають на перевірку викладачу.

Кожна виконана і оформлена лабораторна робота оцінюється максимально у 100 балів за такими критеріями:

- *підготовлений до лабораторної роботи протокол у відповідності до вимог – 10 балів;*
- *знання теорії лабораторної роботи – 30 балів;*
- *виконання лабораторної роботи, проведення розрахунків та їх обговорення – 50 балів;*
- *оформлення результатів відповідно до вимог і захист – 10 балів.*

Штрафні бали призначаються за:

- *відсутність протоколу – 10 балів;*
- *протокол, що не відповідає вимогам – 5 балів;*
- *несамостійна робота на лабораторному занятті – 5 балів.*

Модульна контрольна робота (МКР)

На проведення роботи відводиться 2 академічні години. Студенти отримують завдання, що складається із 2 теоретичних питань, кожне з яких максимально оцінюється у 50 балів.

За дистанційної форми навчання студенти отримують доступ до тестового завдання у GoogleClassRoom, куди ж завантажують виконане завдання для перевірки.

Календарний контроль

Календарний контроль (КК) проводиться на 7-8 та 14-15 тижнях семестру навчання. Для позитивного оцінювання 1-го КК студенту необхідно оформити і захистити лабораторні роботи 1-3 ЛР щонайменше на 50 балів кожен і отримати не менше 50 балів за МКР. Для позитивного оцінювання 2-го КК студенту необхідно отримати мінімум по 50 балів за інші

лабораторні роботи 4-7.

Залік

Семестровий рейтинг розраховується за формулою (1). Умовою допуску до заліку є виконання усіх лабораторних робіт і виконання МКР щонайменше на 60 балів кожна. Студенти, що набрали упродовж семестру не менше 60 балів зі 100 мають можливість отримати оцінку, згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Для підвищення рейтингової оцінки студент може написати залікову контрольну роботу, але у цьому випадку попередній рейтинг студента скасовується і він отримує оцінку з урахуванням результатів залікової контрольної роботи, згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- результати навчання за даною дисципліною здобуті у неформальній/інформальній освіті, зокрема із використанням відкритих навчальних он-лайн курсів (Prometeus, Coursera тощо), визнаються за умови одержання відповідних сертифікатів. При цьому може бути Perezархований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (змістовні модулі, окремі теми, окремі практичні заняття). Можливість Perezарховання (відповідність змісту дисципліни) та обсяг навчальних годин визначається викладачем для кожного конкретного випадку і здійснюється за процедурою, яка відповідає "Положенню про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті".
- завдання для модульної контрольної роботи наведено у Додатку А.
- завдання для залікової контрольної роботи наведено у Додатку Б.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент, к.т.н., доцент, Білик Ігор Іванович

Ухвалено кафедрою ВТМ та ПМ (протокол № 17 від 22 червня 2024 р.)

Погоджено Методичною комісією ІМЗ ім. Є. О. Патона (протокол № 12/24 від 28 червня 2024 р.)

Завдання для модульної контрольної роботи

Завдання № 1

1. Схема процесу та основні параметри напилення.
2. Параметри режиму електродугової металізації та їх вплив на ефективність процесу.

Завдання № 2

1. Методи газотермічного напилення та їх класифікація.
2. Застосування електродугової металізації, переваги, недоліки.

Завдання № 3

1. Основні параметри газотермічного напилення та їх вплив на ефективність процесу.
2. Високочастотна (індукційна) металізація та її технологічні особливості.

Завдання № 4

1. Параметри напилення, які характеризують зовнішні умови напилення.
2. Функціональні схеми установок для газотермічного напилення.

Завдання № 5

1. Параметри розпилюючого струменю та потоку часток, які напилюються.
2. Плазмові розпилювачі.

Завдання № 6

1. Плазма як джерело нагріву та розпилення матеріалів.
2. Підготовка поверхні для газотермічного напилення.

Завдання № 7

1. Плазмоутворюючі гази.
2. Газополум'яні розпилювачі.

Завдання № 8

1. Способи плазмового напилення та їх технологічні особливості.
2. Детонаційно-газові розпилювачі.

Завдання № 9

1. Схеми плазмового напилення.
2. Електродугові металізаційні розпилювачі.

Завдання № 10

1. Схема плазмового напилення з захисною атмосферою.
2. Застосування перехідних шарів.

Завдання № 11

1. Газове полум'я як джерело нагріву та розпилення матеріалів.
2. Електродугові металізаційні розпилювачі.

Завдання № 12

1. Схема газополум'яного напилення.
2. Обробка покриттів після напилення.

Завдання № 13

1. Способи та технологічні особливості газополум'яного напилення.
2. Механізми подачі матеріалу, який розпилюється.

Завдання № 14

1. Параметри газополум'яного напилення та їх вплив на ефективність процесу.
2. Детонаційно-газове напилення.

Завдання № 15

1. Детонаційний вибух – джерело нагріву та розпилення матеріалів.

2. Обладнання для плазмового напилення.
Завдання № 16
1. Схема детонаційного газового напилення.
2. Особливості горіння дуги в плазмових та електродугових розпилювачах.
Завдання № 17
1. Технологічні особливості способів детонаційно-газового напилення.
2. Вибір вольтамперної характеристики джерела плавлення дуги.
Завдання № 18
1. Особливості застосування детонаційного напилення. Переваги та недоліки.
2. Джерела живлення плазмових установок.
Завдання № 19
1. Установки для плазмового напилення.
2. Підготовка поверхні напилених виробів.
Завдання № 20
1. Установки для газополум'яного напилення.
2. Будова композиційних покриттів.

Завдання до залікової контрольної роботи

Завдання № 1

1. Схема процесу та основні параметри напилення.
2. Параметри режиму електродугової металізації та їх вплив на ефективність процесу.
3. Установки для детонаційного напилення.

Завдання № 2

1. Методи газотермічного напилення та їх класифікація.
2. Застосування електродугової металізації, переваги, недолки.
3. Установки для електродугової металізації.

Завдання № 3

1. Основні параметри газотермічного напилення та їх вплив на ефективність процесу.
2. Високочастотна (індукційна) металізація та її технологічні особливості.
3. Схема плазмового напилення розпиленням проволочки.

Завдання № 4

1. Параметри напилення, які характеризують зовнішні умови напилення.
2. Функціональні схеми установок для газотермічного напилення.
3. Схема плазмового напилення проволочкою.

Завдання № 5

1. Параметри розпилюючого струменю та потоку часток, які напилюються.
2. Плазмові розпилювачі.
3. Схема газополум'яного напилення покриттів.

Завдання № 6

1. Плазма як джерело нагріву та розпилення матеріалів.
2. Системи збудження дуги в плазмотронах.
3. Підготовка поверхні для газотермічного напилення.

Завдання № 7

1. Плазмоутворюючі гази.
2. Газополум'яні розпилювачі.
3. Вибір типу покриття.

Завдання № 8

1. Способи плазмового напилення та їх технологічні особливості.
2. Детонаційно-газові розпилювачі.
3. Вибір складу покриття та його товщини.

Завдання № 9

1. Схеми плазмового напилення.
2. Електродугові металізаційні розпилювачі.
3. Структура газотермічних покриттів.

Завдання № 10

1. Схема плазмового напилення з захисною атмосферою.
2. Механізми подачі розпилюваного матеріалу при газотермічному розпиленні.
3. Застосування перехідних шарів.

Завдання № 11

1. Газове полум'я як джерело нагріву та розпилення матеріалів.
2. Електродугові металізаційні розпилювачі.
3. Порошки для газотермічного напилення та способи їх підготовки.

Завдання № 12

1. Схема газополум'яного напилення.
2. Високочастотні металізаційні розпилювачі.
3. Обробка покриттів після напилення.

Завдання № 13

1. Способи та технологічні особливості газополум'яного напилення.

2. Механізми подачі матеріалу, який розпилюється.
3. Технологічна схема газотермічного напилення.

Завдання № 14

1. Параметри газополум'яного напилення та їх вплив на ефективність процесу.
2. Механізми подачі порошку.
3. Детонаційно-газове напилення.

Завдання № 15

1. Детонаційний вибух – джерело нагріву та розпилу матеріалів.
2. Механізми подачі проволони.
3. Обладнання для плазмового напилення.

Завдання № 16

1. Схема детонаційного газового напилення.
2. Особливості горіння дуги в плазмових та електродугових розпилювачах.
3. Схема плазмового напилення з місцевою захисною атмосферою.

Завдання № 17

1. Технологічні особливості способів детонаційно-газового напилення.
2. Вибір вольтамперної характеристики джерела плавлення дуги.
3. Механізми подачі порошку при газотермічному напиленні.

Завдання № 18

1. Особливості застосування детонаційного напилення. Переваги та недоліки.
2. Джерела живлення плазмових установок.
3. Особливості напилення різних матеріалів.

Завдання № 19

1. Дуга як джерело тепла при електродуговій металізації.

2. Установки для плазмового напилення.
3. Підготовка поверхні напилених виробів.

Завдання № 20

1. Технологічні особливості способів електродугової металізації.
2. Установки для газополум'яного напилення.
3. Будова композиційних покриттів.