**ВСТУП**

Метою навчальної дисципліни є засвоєння студентами знань щодо формування напилених захисних газотермічних і вакуумних покриттів, конструктивних особливостей сучасного обладнання для їх нанесення, властивостей захисних шарів з різних матеріалів та технологічних особливостей їх напилення.

Завдання дисципліни – надати студентам знання щодо:

* призначення захисних покриттів та їх класифікацій;
* теоретичних засад формування газотермічних (ГТН) покриттів;
* теоретичних засад формування вакуумних конденсаційних (ВН) покриттів;
* структури і властивостей напилених покриттів;
* сучасних методів підготовки поверхні до напилення покриттів;
* схем сучасних апаратів для газотермічного і вакуумного конденсаційного напилення покриттів;
* методів діагностики якості напилених покриттів;
* властивостей та галузей застосування захисних покриттів, напилених з різних матеріалів, і технологічних особливостей їх нанесення.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні вміти:

* визначати вплив технологічних параметрів процесу на ефективність напилення покриттів;
* вести розрахунки технологічних параметрів напилення;
* визначати основні дефекти напилених покриттів та встановлювати причини їх виникнення;
* обґрунтовувати вибір способу підготовки поверхні основи і методу нанесення покриття;
* обґрунтовувати вибір складу захисного покриття для заданих умов експлуатації деталі з ним.

Дисципліна теорія і технологія нанесення захисних напилених покриттів базується на знаннях, отриманих студентами при вивченні таких навчальних дисциплін: «Фізика», «Хімія», «Матеріалознавство», «Електротехніка», «Термообробка», «Корозія і захист металів».

Набуті знання і вміння використовуються при Державній атестації бакалаврів і при подальшому навчанні на ОКР «спеціаліст» і «магістр» за відповідними напряму «Металургія» спеціальностями.

1. **РОБОЧА ПРОГРАМА, МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ**

Дисципліна «Теорія і технологія нанесення захисних напилених покриттів» вивчається у VII навчальному семестрі. Загальна кількість годин – 180 годин, в тому числі: 36 годин – аудиторні заняття, з яких 20 годин – лекції, 8 годин – практичні заняття, 8 годин – лабораторні заняття; 144 години – самостійна робота.

Практичні заняття включають визначення параметрів часток матеріалу, що напитлюється, контактної температури при ГТН, закономірностей розповсюджування часток при ВН та їх впливу на якість покриттів і аналізу впливу умов формування на структуру вакуумних покриттів; лабораторні заняття включають знайомство з апаратами для напилення покриттів, структурою і дефектами захисних шарів, визначенням шпаристості напилених покриттів.

Вивчення дисципліни передбачає виконання індивідуального завдання. Воно має бути представлено в академію до початку поточної сесії, перевірено викладачем і проведена робота над помилками. Правильно виконане індивідуальне завдання зараховується після співбесіди студента з викладачем. Студент допускається до складання контрольного заходу з дисципліни (екзамен) в разі зарахування індивідуального завдання, виконання розрахунків, які передбачені тематикою практичних занять, виконання і захисту лабораторних робіт.

**РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

1. Дубовий О.М. Технологія напилення покриттів: Підручник / О.М. Дубовий, А.М. Степанчук. – Миколаїв: НУК, 2007. – 236 с.
2. Порошковая металлургия и напыленные покрытия: Учебник для вузов / Под ред. Б.С. Митина. – М.: Металлургия, 1987. – 792 с.
3. Рожков О.Д. Технологія нанесення покриттів: в 2 ч. Ч1: Навч. посібник/ О.Д. Рожков. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2008. – 51 с.
4. Рожков О.Д. Технологія нанесення покриттів: в 2 ч. Ч2: Навч. посібник/ О.Д. Рожков. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2008. – 38 с.
5. Мовчан В.А. Жаростойкие покрытия, осаждаемые в вакууме. / В.А. Мовчан, И.С. Малашенко. – К.: Наук. думка, 1983. – 387 с.
6. Береговая О.М. Физико-химические основы технологии многокомпонентных конденсационных покрытий/ О.М. Береговая, А.И. Костержицкий, С.Н. Федоров. Одесса: ОНАПТ, 2009. – 320 с.

**Модуль 1**

Загальна характеристика методів нанесення покриттів. Формування газотермічних покриттів

**Тема 1. Загальна характеристика методів нанесення покриттів.**

Роль захисних покриттів у сучасній техніці. Класифікації покриттів і методів їх нанесення. Загальна характеристика методів ГТН і ВН.

Література [1, с. 9-19; 2, с. 482-489, 674-677; 6, с. 209-215]

**Тема 2. Формування газотермічних покриттів**

Кінетика і гідродинаміка взаємодії рідкої частинки з поверхнею. Контактний тиск і контактна температура. Закономірності формування структури і властивостей газотермічних покриттів. Міцність і залишкові напруги у напилених захисних шарах. Технологічні заходи регулювання напруг. Узагальнена схема ГТН і ВН. Вплив технологічних параметрів на ефективність ГТН. Основні переваги і недоліки газотермічного напилення покриттів.

Література [1, с. 17-23; 2, с. 489-504, 531-575, 592-600]

**Модуль 2**

Вакуумні конденсаційні покриття

**Тема 3. Утворення потоку частинок при ВН**

Класифікації методів ВН. Випаровування чистих металів, ідеальних і реальних сплавів. Розпилювання матеріалів

Література [1, с. 196-197; 2, с. 575-584, 674-677; 5, с. 7-11]

**Тема 4. Формування вакуумних покриттів**

Конденсація атомів на поверхні основи. Стадії росту вакуумних покриттів, структури їх росту. Вплив параметрів ВН на ефективність напилення. Основні переваги і недоліки вакуумного напилення покриттів

Література [2, с. 584-591, 677-683; 5, с. 19-27]

**Модуль 3**

Методи і способи газотермічного і вакуумного конденсаційного напилення покриттів, їх технологічні особливості

**Тема 5. Методи і способи газотермічного напилення покриттів, їх технологічні особливості.**

Класифікація методів ГТН. Конструктивні схеми та технологічні особливості плазмового, газополуменевого, детонаційно-газового, газодинамічного напилення та електродугової металізації. Матеріали для ГТН, їх підготовка до використання. Підготовка поверхні до напилення покриттів.

Література [1, с. 31-195; 2, с. 595-629, 731-743; 3, с. 5-50]

**Тема 6. Методи і способи вакуумного конденсаційного напилення покриттів, їх технологічні особливості**

Класифікація методів ВН. Конструктивні схеми та технологічні особливості способів термовакуумного напилення, іонно-плазмового розпилення та вибухового розпилення – випаровування. Матеріали до ВН. Діагностика якості покриттів.

Література [1, с. 196-200, 204-216; 2, с. 674-708, 736-737, 746-747; 4, с. 5-20, 22-30]

**Модуль 4**

Призначення властивості та технологічні особливості напилення захисних покриттів з металів і сплавів

**Тема 7. Призначення властивості та технологічні особливості газотермічного і вакуумного конденсаційного напилення покриттів з металів і сплавів.**

Призначення властивості та технологічні особливості напилення покриттів з алюмінію, хрому та інших металів. Їх корозійна стійкість.

Призначення, властивості та технологічні особливості нанесення покриттів з сплавів на основі заліза, нікелю та інших металів. Їх корозійна стійкість.

Література [1, с. 38-84; 2, с. 748-757]

**Модуль 5**

Призначення, властивості та технологічні особливості нанесення покриттів з хімічних сполук.

**Тема 8. Призначення, властивості та технологічні особливості нанесення захисних покриттів з хімічних сполук.**

Призначення, властивості та технологічні особливості нанесення покриттів з інтерметалідів, металоїдів, оксидів та інших речовин.

Література [1, с. 85-120; 2, с. 757-790]

1. **ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

З метою закріплення матеріалу, що був розглянутий на лекційних, практичних і лабораторних заняттях та самостійно опанований студентом, повинно бути виконане індивідуальне завдання. Як допоміжний матеріал при його виконанні використовуються підручники, навчальні посібники, інші літературні джерела та інформація з мережі INTERNET, а також методичні вказівки до лабораторного практикуму і дані методичні вказівки. Робота повинна бути виконана самостійно і у повному обсязі, написана грамотно та акуратно, з наведенням необхідних ілюстрацій, прикладів з практики напилення захисних покриттів та посилань на літературні джерела.

Загальний обсяг виконаного завдання має не перевищувати 10-15 аркушів формату А4 друкованого тексту (шрифт 12, міжрядковий інтервал 1,3, відступ зліва, зверху і знизу сторінки 20-25 мм, ширина правого поля – не менше 10 мм), або рукописного тексту такого ж обсягу.

У методичних вказівках у таблиці 2.1, яка представлена нижче, наведено 20 варіантів індивідуальних завдань. Номер завдання визначається порядковим номером студента в журналі академічної групи.

Таблиця 2.1 – Варіанти індивідуальних завдань

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер варіанта | Номер питань | | | Номер варіанта | Номер питань | | |
| 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 | 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 | 21  22  23  24  25  26  27  28  29  30 | 32  33  34  35  36  37  38  39  40  41 | 11  12  13  14  15  16  17  18  19  20 | 11  2  3  4  5  16  17  9  8  5 | 31  12  13  14  15  18  20  18  19  20 | 42  43  44  45  46  47  48  49  50  51 |

**ЗАПИТАННЯ ДО ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ**

1. Призначення захисних покриттів. Класифікація покриттів та методів їх нанесення.
2. Кінетика деформації рідкої частинки при ударі об основу при ГТН та гідродинаміка цієї взаємодії.
3. Контактна температура, її визначення при ГТН.
4. Структура газотермічних покриттів, причини зниженої їх міцності.
5. Залишкові напруги у газотермічних покриттях, технологічні заходи з їх регулювання.
6. Переваги і недоліки газотермічного нанесення покриттів.
7. Узагальнена схема газотермічного і вакуумного конденсаційного напилення покриттів. Класифікація технологічних параметрів процесу напилення. Поняття «ефективність технологічного процесу напилення».
8. Вплив конструктивних параметрів розпилювача; параметрів, що характеризують режим його роботи та матеріалу, що розпилюється, на ефективність газотермічного напилення покриттів.
9. Вплив параметрів, що характеризують зовнішні умови напилення, і параметрів потоку на ефективність газотермічного напилення покриттів.
10. Методи вакуумного конденсаційного напилення та їх класифікації.
11. Випаровування сплавів та хімічних сполук.
12. Розпилювання матеріалів.
13. Конденсація пари на поверхні основи.
14. Утворення покриття при вакуумному конденсаційному напиленні.
15. Вплив температури основи на механізм конденсації пари.
16. Структури росту вакуумних покриттів.
17. Вплив технологічних параметрів вакуумного конденсаційного напилення на ефективність процесу.
18. Переваги і недоліки вакуумного конденсаційного напилення покриттів.
19. Плазмова струмина як джерело нагріву і розпилення матеріалу. Способи плазмового напилення та їх технологічні особливості.
20. Вплив параметрів плазмового напилення на ефективність процесу.
21. Способи і технологічні особливості газополуменевого напилення покриттів.
22. Способи і технологічні особливості детонаційно-газового напилення покриттів.
23. Способи і технологічні особливості електродугової металізації.
24. Матеріали для ГТН, підготовка їх до використання.
25. Загальна характеристика термовакуумного напилення з резистивним нагрівом речовини, що випаровується.
26. Електроннопроміневий нагрів при вакуумному конденсаційному напиленні покриттів.
27. Технологічні особливості вакуумного конденсаційного напилення покриттів іонним осадженням.
28. Технологічні особливості вакуумного конденсаційного напилення покриттів з використанням електричної дуги анодної форми.
29. Технологічні особливості вакуумного конденсаційного напилення покриттів з використанням електричної дуги катодної форми.
30. Технологічні особливості діодної схеми іонного розпилення.
31. Технологічні особливості тріодної схеми іонного розпилення.
32. Технологічні особливості магнетронної схеми іонного розпилення.
33. Призначення, властивості і технологічні особливості напилення покриттів з чистих металів.
34. Призначення, властивості і технологічні особливості напилення покриттів з металевих сплавів на залізній основі.
35. Призначення, властивості і технологічні особливості напилення покриттів з самофлюсивних сплавів на основі нікелю і кобальту.
36. Призначення, властивості і технологічні особливості напилення покриттів з металідів алюмінію.
37. Загальна характеристика інтерметалідів. Призначення, властивості і технологічні особливості напилення покриттів з металідів титану.
38. Загальна характеристика карбідів. Фізико-хімічні процеси, що протікають при їх нагріві при газотермічному напиленні покриттів.
39. Призначення, властивості і технологічні особливості напилення покриттів з карбіду титану.
40. Призначення, властивості і технологічні особливості напилення покриттів з карбідів хрому і вольфраму.
41. Властивості та загальні технологічні особливості напилення захисних покриттів з оксидів.
42. Призначення, властивості і технологічні особливості напилення покриттів з оксиду алюмінію та його сплавів з іншими оксидами.
43. Призначення, властивості і технологічні особливості напилення покриттів з оксиду цирконію і оксиду заліза.
44. Призначення, властивості і технологічні особливості нанесення метало-оксидних покриттів. Вакуумне напилення оксидних покриттів.
45. Забруднення поверхні. Їх класифікація. Видалення жирових забруднень.
46. Абразивно-струминна підготовка поверхні до нанесення газотермічних покриттів.
47. Механічні методи підготовки поверхні до напилення покриттів.
48. Електрична і хімічна підготовка поверхні до напилення покриттів.
49. Діагностика адгезійної міцності напилення покриттів.
50. Визначення когезійної міцності газотермічних покриттів.
51. Визначення пористості напилених покриттів.

**ЗМІСТ**

Вступ…………………………………………………………………………..3

1. Робоча програма, методичні вказівки до вивчення дисципліни………4
2. Індивідуальні завдання…………………………………………………...6