



ТЕХНОЛОГІЇ ТА УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітня програма	Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Заочна
Рік підготовки, семестр	3 курс, весняний
Обсяг дисципліни	120 годин / 4 кредити ECTS; лекції 12 годин, практичні роботи 2 години, лабораторні роботи 6 години, СРС – 100 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік / модульна контрольна робота, РГР
Розклад занять	згідно schedule.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент Степанов Денис Володимирович, stepanov.denys@iit.kpi.ua Практичні: к.т.н., доцент Степанов Денис Володимирович, stepanov.denys@iit.kpi.ua Лабораторні: к.т.н., доцент Степанов Денис Володимирович, stepanov.denys@iit.kpi.ua
Розміщення курсу	Лекції з дисципліни, підручник, методичні вказівки до лабораторних занять розміщуються в Google Classroom https://classroom.google.com/u/2/c/NTQ2NjU4MzMzNTAz

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна "Технології та устаткування для наплавлення" спрямована на вивчення типових і сучасних технологій нанесення поверхневого шару металів, які забезпечують зносостійкість та інші функціональні властивості поверхні згідно до вимог експлуатації. Саме це коло питань відповідає цілям підготовки бакалаврів даної спеціальності.

Дисципліна розроблена відповідно до Програми Міжнародного інституту зварювання підготовки міжнародних інженерів зі зварювання «IIW Guideline for International Welding Engineers, Technologists, Specialists and Practitioners. Minimum Requirements for the

Education, Examination and Qualification» (Розділ 1. Зварювальні процеси і обладнання, 1.14 Наплавлення та напилення). Метою Програми є представлення зрізу сучасних знань в області зварювальної науки, технологій та обладнання з використанням міжнародних стандартів і кращої виробничої практики. Вивчення дисципліни забезпечує конкурентні переваги фахівця при роботі на підприємствах України і 65 промислово розвинених країн світу.

Метою дисципліни є надання студентам знань щодо базових способів наплавлення, закономірностям формування структурного та фазового складу наплавлених шарів, особливостям технологій наплавлення шарів різного функціонального призначення, складу установок для наплавлення, а також навичок практичного використання одержаних знань.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен знати:

- сутність, параметри і технологічні особливості основних способів наплавлення;
- особливості утворення наплавленого шару, теплові і металургійні процеси, фазові та структурні перетворення, які супроводжують процеси формування валиків;
- вимоги до хімічного складу та структури зносостійких наплавлених покриттів;
- особливості технологій при напавленні валиків з різними експлуатаційними властивостями;
- основний склад обладнання для наплавлення.

На основі вивчення дисципліни студент повинен вміти:

- залежно від масогабаритних характеристик виробу та вимог до експлуатації правильно обрати спосіб наплавлення;
- залежно від виду зношування призначати склад наплавленого металу;
- призначати параметри типових процесів наплавлення;
- визначити вуглецевий еквівалент і призначити температуру підігріву;
- залежно від способу наплавлення і вимог до властивостей поверхневого шару визначати матеріали для наплавлення
- обрати склад обладнання для наплавлення;
- розрахувати потужність привідів подачі електродного матеріалу і переміщення джерела нагріву.

Вивчення освітнього компоненту передбачає підсилення та розвиток у студентів компетентностей, передбачених освітньою програмою «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Загальні компетентності спеціальності:

- 1) Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми. (ЗК 3)
- 2) Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. (ЗК 4)
- 3) Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. (ЗК 12)

Фахові компетентності спеціальності:

- 1) Здатність робити оцінки параметрів працездатності матеріалів, конструкцій і машин в експлуатаційних умовах та знаходити відповідні рішення для забезпечення заданого рівня надійності конструкцій і процесів, в тому числі і за наявності деякої невизначеності. (ФК 2)
- 2) Здатність проводити технологічну і техніко-економічну оцінку ефективності використання нових технологій і технічних засобів. (ФК 3)
- 3) Здатність здійснювати оптимальний вибір технологічного обладнання, комплектацію технічних комплексів, мати базові уявлення про правила їх експлуатації. (ФК 4)

- 4) Здатність використовувати знання в галузі фізико-хімічних, термодетформаційних та металургійних процесів для обґрунтованого призначення способів і технологічних параметрів зварювання і споріднених процесів. (ФК 14)
- 5) Здатність використовувати знання в галузі фундаментальних наук для вирішення технічних задач зі зварювання та споріднених технологій. (ФК 15)

Програмні результати навчання:

- 1) Здійснювати оптимальний вибір обладнання та комплектацію технічних комплексів.. (РН 14)
- 2) Знати і розуміти фізичні, теплові, термомеханічні та фізико-хімічні процеси при зварюванні та споріднених технологіях, причинно-наслідкові зв'язки між характером цих процесів та умовами отримання нерознімних з'єднань або функціональних поверхонь. (РН 20)
- 3) Знати основні принципи виготовлення конструкцій за допомогою зварювання, лазерних та споріднених технологій, склад та призначення допоміжного оснащення, алгоритми та заходи з комплексної механізації і автоматизації виробництва. (РН 26)

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння дисципліни «Технології та устаткування для наплавлення» студент повинен мати базові знання з дисциплін:

- Теоретичні основи теплотехніки;
- Теорія процесів зварювальних
- Матеріалознавство
- Технологія конструкційних матеріалів
- Механіка матеріалів і конструкцій. Частина 2. Напруження та деформації у зварних з'єднаннях і конструкціях
- Технології та устаткування зварювання плавленням, лазерних та споріднених процесів. Частина 1. Технології та устаткування зварювання плавленням та споріднених процесів

Знання, отримані при вивченні даної дисципліни використовуються студентами під час підготовки кваліфікаційних робіт бакалаврів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Означення і класифікація процесів наплавлення та плакування

Сутність та галузі застосування основних способів наплавлення. Класифікація способів. Сутність і способи ручного, механізованого дугового аплавлення під флюсом і в захисних газах, плазово-дугового і вібродугового наплавлення. Сутність і способи електрошлакового, індукційного, електронно-променевого та лазерного наплавлення.

Особливості формування валиків, легування та структуроутворення при наплавленні.

Формування валиків. Продуктивність наплавлення. Характеристики плавлення основного і електродного матеріалу. Формування валиків. Коефіцієнт змішування. Схеми легування метала при наплавленні. Особливості структуроутворення. Основні

структури і фазові перетворення в наплавленому шарі і пришовній зоні. Вуглецевий еквівалент і його зв'язок з твердістю наплавленого металу. Особливості змін твердості валиків залежно від структури і швидкості охолодження. Вибір температур підігріву залежно від структури і твердості металу. Умови виникнення тріщин і пор. Шляхи запобігання дефектів наплавленого металу.

Вибір типу наплавленого металу.

Види зношування матеріалу. Тертя металу по металу, абразивне зношування, гідро- і газоабразивне зношування, термічна втомиленість, кавітаційна ерозія. Класифікація типу наплавленого металу за хімічним складом. Характеристика основних типів наплавленого металу згідно міжнародній класифікації. Структура і властивості наплавленого металу різних типів і функціонального призначення. Відносна зносостійкість різних типів наплавленого металу. Характеристика структур і властивостей низьковуглецевих і низьколегованих сталей, високохромистих і аустенітних сталей. Матеріали для наплавлення низьковуглецевих і низьколегованих сталей, високохромистих і аустенітних сталей. Матеріали для наплавлення високохромистих чавунів. Матеріали для наплавлення високонікелевих і висококобальтових сплавів, композитів з карбідними зв'язками.

Техніка і технологія наплавлення.

Наплавлення тіл обертання та плоских поверхонь. Вибір положення головки для наплавлення. Призначення режимів залежно від діаметру виробів і способу наплавлення. Схеми наплавлення тіл обертання. Наплавлення плоских поверхонь. Схеми наплавлення. Призначення режимів від масогабаритних характеристик виробу і способу наплавлення. Особливості наплавлення низьковуглецевих, низьколегованих, високолегованих сталей та чавунів. Особливості наплавлення низьковуглецевих и низьколегованих сталей. Вибір температур підігріву. Особливості наплавлення високохромистих і високомарганцевих матеріалів. Шляхи запобігання виникнення тріщин. Особливості наплавлення аустенітних матеріалів. Шляхи запобігання виникнення гарячих тріщин і корозії. Особливості наплавлення високохромистих чавунів. Особливості наплавлення високолегованих сплавів. Умови процесів для отримання якісного шару щодо складу структури; параметрів процесу і способу наплавлення. Техніка і технологія газополуменового наплавлення. Техніка і технологія дугового наплавлення. Нанотехнології при наплавленні.

Обладнання для наплавлення.

Склад установок для дугового наплавлення. Класифікація об'єктів для наплавлення за конструктивними та конструктивно-технологічними ознаками. Характеристика основного і допоміжного обладнання. Особливості конструкцій пристроїв установок. Пристрої подачі електродного дроту. Пристрої подачі стрічок. Пристрої для коливань електродів. Пристрої переміщення інструмента для наплавлення. Методи розрахунків потужності пристроїв подачі електродного матеріалу і переміщення головок. Розрахункові схеми механізмів подачі електродного дроту, механізмів переміщення інструменту для наплавлення.

Техніко-економічний аналіз наплавлення.

Оцінка ефективності наплавлення. Техніко-економічні показники способів наплавлення та визначення економічного ефекту. Правила складання поопераційних технологічних карт наплавлення.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

- 1) І. О. Рябцев Наплавлення та адитивні технології у зварювальному виробництві: підручник. В 11 т. / І. О. Рябцев, С. К. Фомічов, В. Д. Кузнецов, Є. П. Чвертко та ін. ; під ред. акад. Бориса Патона. – Т. 2. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2023. – 346 с. – (Серія «Бібліотека міжнародного інженера зі зварювання» - у видавництві).
- 2) В.Д. Кузнецов, А.І. Гедрович, А.Б. Житков, К.В. Воронков. Технологія та устаткування наплавлених деталей: Навч. Посібник. – Луганськ: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля, 2005. – 254с.
- 3) І. К. А. Ющенко, Ю. С. Борисов, В.Д. Кузнецов, В.М. Корж Інженерія поверхні. Підручник – К.: НВП Видавництво „Наукова думка” НАН України, 2007. – 558 с.

Додаткова література:

- 1) *Surfacing and additive technologies in welded fabrication: textbook for students of specialty 131 “Applied Mechanics”.* / I. Ryabtsev, S. Fomichov, V. Kuznetsov, Y. Chvertko et al.; edited by Borys Paton. – Vol. 2. – Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Publ. house “Polytechnica”, 2023/- 229 P.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття, 12 годин

Лекція 1.

Вступ. Загальні відомості. Поняття та визначення. Легування. Структурні перетворення. Вуглецевий еквівалент. Характеристики видів зношування.

Лекція 2

Способи наплавлення. Ручне дугове наплавлення покритим електродом. Автоматичне наплавлення під шаром флюсу. Наплавлення стрічками під шаром флюсу. Дугове наплавлення в середовищі захисного газу. Вібродугове наплавлення. Електрошлакове наплавлення. Плазмове наплавлення. Індукційне наплавлення. Лазерне (світлове) наплавлення. Електронно-променеве наплавлення. Газове наплавлення. Пічне наплавлення композиційних сплавів. Електроконтактне наплавлення. Наплавлення тертям. Способи наплавлення. Плакування з використанням енергії вибуху.

Лекція 3

Класифікація і властивості напавленого металу. Типи напавленого металу. Властивості напавленого металу різних структурних груп. Основні характеристики і області застосування сплавів груп М1-М4. Основні характеристики і області застосування сплавів груп А2К, АЗК.

Матеріали для наплавлення. Дроти для наплавлення. Електроди для наплавлення. Порошкові дроти. Електродні стрічки. Керамічні флюси для наплавлення. Порошки гранульовані для наплавлення. Поліметалеві електродні матеріали

Лекція 4

Технологія наплавлення. Підготовка наплавочних матеріалів і деталей до наплавлення. Прожарювання наплавочних матеріалів. Підготовка поверхонь деталей до наплавлення. Попереднє нагрівання. Супутнє нагрівання. Особливості технології наплавлення матеріалів різного типу. Нелеговані і низьколеговані сталі. Наплавлений метал із властивостями хромовольфрамowych, хромомолібденових та інших теплостійких інструментальних сталей. Високолегований метал із властивостями швидкорізальних сталей. Наплавлений метал низько- і високовуглецевих хромистих сталей. Метал із властивостями високомарганцевих аустенітних сталей. Хромонікелеві і хромонікельмарганцеві нержавіючі сталі. Високохромисті чавуни. Корозійностійкі і жаростійкі нікелеві сплави, додатково леговані молібденом, хромом. Нікелеві сплави, леговані хромом, бором, кремнієм (колмоної). Кобальтові сплави з хромом і вольфрамом (стеліти). Сплави на основі карбідів вольфраму або хрому. Механічна обробка наплавлених виробів. Обробка для зняття напружень після наплавлення.

Лекція 5

Рекомендації і приклади наплавлення виробів. Формування валиків залежно від умов наплавлення. Вплив числа електродів на формування наплавленого валика. Вплив зварювального струму на формування наплавленого валика. Вплив діаметра електрода на формування наплавленого валика. Вплив напруги дуги на формування наплавленого валика. Вплив швидкості наплавлення на формування наплавленого валика. Вплив вильоту електродного дроту на формування наплавленого валика. Вплив роду струму й полярності на формування наплавленого валика. Наплавлення циліндричних і конічних виробів. Наплавлення конічних поверхонь. Наплавлення тіл обертання. Наплавлення кранових коліс. Технологія наплавлення поверхні циліндричних отворів. Наплавлення плоских поверхонь і деталей складної форми. Наплавлення ножів гарячого різання металу блюмінгів. Технологія наплавлення штампів. Відновлення гребнів бандажів залізничних коліс. Відновлення наплавленням деталей тракторів і автомобілів.

Лекція 6

Нанотехнології в напавленні

Використання напавлення в адитивних технологіях

Принципи проектування установок для напавлення.

Практичні заняття, 2 години

Практична робота

Розгляд типового алгоритму написання технології напавлення частина.

Розрахунки вуглецевого еквіваленту і температур попереднього підігріву. Мета: навчитись розраховувати вуглецевий еквівалент та здійснювати оцінку здатності до напавлення.

Розрахунок режимів дугового напавлення. Мета: вивчити способи розрахунку режимів напавлення при проектуванні технологічного процесу.

Лабораторні заняття, 6 годин

Лабораторна робота № 1. - 1 година

Дослідження залежності твердості наплавленого матеріалу від його хімічного складу

Лабораторна робота № 2. - 1 година

Вплив параметрів наплавлення на особливості формування валиків

Лабораторна робота № 3. - 1 година

Визначення характеристик плавлення електродного матеріалу і продуктивності наплавлення

Лабораторна робота № 4. - 1 година

Вивчення впливу нахилу виробу та електроду на форму поперечного перерізу валика

Лабораторна робота № 5. - 1 година

Дослідження впливу розміщення пальника на формування валика при наплавленні циліндричних деталей

Лабораторна робота № 6 - 0.5 години

Наплавлення з поперечними коливаннями

Модульна контрольна робота - 0,5 год.

6. Самостійна робота студента, 100 годин

Види самостійної роботи:

6.1 Обробка і оформлення даних, отриманих при виконанні лабораторних занять, в тому числі заповнення форм специфікацій і протоколів, прийнятих у виробничій практиці – 0,5 години на кожне заняття (всього – 3,5 год).

6.2 Обробка і оформлення даних, отриманих у ході практичних занять — 2 години на кожне заняття (всього – 2 год).

6.3 Підготовка до лекцій – 1 година на кожну лекцію (всього – 6 год.)

6.4 Підготовка до модульної контрольної роботи — 5 год.

6.5 Виконання розрахунково-графічної роботи – 8,5 год.

6.6 Освоєння матеріалів курсу – 69 год.

6.7 Підготовка до заліку – 6 год.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Політика навчальної дисципліни Технологія та устаткування для наплавлення є складовою частиною загальної політики в галузі якості КПІ імені Ігоря Сікорського і полягає у виконанні викладачем і студентами наступних принципів.

- ✓ Відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання (ДКР) та курсової роботи з курсу. Для студентів, які беруть на себе відповідальність за організацію і планування свого часу для навчання, є можливість опанувати дисципліну у змішаному режимі: ознайомлення з теоретичним матеріалом і виконання практичних завдань – самостійно, за необхідності проведення консультацій викладачем згідно графіку консультацій і відведеного на них часу, у відповідності до педагогічного навантаження викладача.

- ✓ На лекціях і лабораторних заняттях обов'язковим є відключення телефонів. На заліку забороняється використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті.
- ✓ Лабораторні заняття виконуються командами студентів (підгрупами). Склад команди визначають студенти за погодженням з викладачем. Закінчені результати виконання кожного заняття демонструються викладачеві на наступному занятті. Захист виконання повного комплексу лабораторних занять здійснюється на останньому занятті – колоквіумі.
- ✓ На лекціях, лабораторних та практичних заняттях студенти проявляють активність. На лекціях виникаючі питання задаються у відведений викладачем час. На практичних заняттях питання вирішуються по мірі виникнення в діалоговій формі.
- ✓ Лабораторні роботи носять прикладний дослідницький характер, студенти максимально долучаються до проведення експерименту. Проведення експерименту має певні елементи небезпек, пов'язаних з технологічними особливостями процесів газотермічної обробки. На першому занятті викладач детально роз'яснює загальні правила техніки безпеки під час вивчення курсу. На кожному лабораторному занятті перед проведенням експерименту викладач детально пояснює фактори безпеки при роботі з обладнанням, що застосовується на занятті.
- ✓ Лабораторні заняття повинні бути виконані і захищені до початку залікової сесії. Перездачі заліку допускаються згідно чинних норм, які діють в КПІ ім. Ігоря Сікорського.
- ✓ Академічна доброчесність є базовим принципом освітнього процесу і підлягає беззаперечному виконанню викладачем і студентами.
- ✓ Викладач є лідером і гарантом підготовки методичних матеріалів, навчання, контролю і поліпшення дисципліни на сучасному рівні з урахуванням вимог міжнародних стандартів з використанням кращої практики підприємств та університетів світу.

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

Поточний контроль проводиться за рішенням викладача в двох формах: експрес-опитування по темі попередньої лекції на початку лекції, опитування за темою заняття на початку лабораторного заняття.

Календарний контроль: не проводиться.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: виконання та захист повного комплексу лабораторних робіт, сумарний семестровий рейтинг не нижчий 40 балів.

Розрахунок рейтингових балів

Експрес-опитування на лекціях;

Ваговий бал – 2. Максимальна кількість балів на всіх лекціях складає: 2 бали × 6 = **12 балів**.

Виконання та захист лабораторних робіт;

Ваговий бал – 1...2. Максимальна кількість балів складає: 2 бали × 7 = **14 бали**:

Виконання лабораторної роботи – 1 бал

Захист лабораторної роботи - 1 бал

Виконання практичних робіт;

Ваговий бал – 1...2. Максимальна кількість балів складає: 2 бали × 3 = 6 балів:

Повністю правильне рішення – 2 бали

Частково правильне рішення – 1 бал

Неправильне рішення – 0 балів

Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 0...10. Максимальна кількість балів складає: 18 балів × 1 = 18 балів:

Повна вичерпна відповідь на питання контрольної роботи дає 12 балів, неповна або частково неправильна — від 1 до 11 в залежності від вичерпності відповіді, відсутність відповіді або неправильна відповідь — 0.

Модульна контрольна робота формується з 6 питань за тематикою курсу.

1 питання – Загальні відомості про наплавлення.

2 питання – Матеріали для наплавлення.

3 питання – Технологічні особливості наплавлення різноманітних матеріалів.

4 питання – Особливості використання різноманітних способів наплавлення.

5 питання – Особливості наплавлення різноманітних виробів.

6 питання – Особливості обладнання для наплавлення.

2 – правильна відповідь.

1 – неповна відповідь або відповідь з неточностями.

0 – відсутність відповіді або неправильна відповідь.

Розрахунково-графічна робота

Розрахунково-графічна робота спрямована на закріплення теоретичного курсу.

Завданням розрахунково-графічної роботи є розробка типової технології наплавлення виробу. Робота складається з 10 пунктів:

1 Конструктивно-технологічний аналіз виробу

2 Обґрунтування та вибір матеріалу для наплавлення

3 Обґрунтування та вибір способу наплавлення

4 Підготовчі роботи до наплавлення

5 Технологічний процес наплавлення

6 Обґрунтування та вибір обладнання для наплавлення

7 Фінішна обробка

8 Кресленик виробу

9 Кресленик технологічного обладнання

10 Схема технологічного процесу

Ваговий бал – 0...20. Максимальна кількість балів складає: 20 балів × 1 = 20 балів:

Оцінювання проводиться за виконання кожного пункту.

2 – правильна відповідь.

1 – неповна відповідь або відповідь з неточностями.

0 – відсутність відповіді або неправильна відповідь.

Залікова складова складається:

З 10 тестових запитань ваговим балом 1 кожне.

Правильна відповідь – 1 бал, неправильна відповідь 0 балів.

З 10 запитань по за тематикою курсу, ваговим балом 2 кожне:

2 бали правильна повна відповідь.

1 бал, частково правильна, або неповна відповідь.

0 балів – не правильна відповідь, або відсутність відповіді.

Залікова складова шкали дорівнює: $R_3 = 30$ балів.

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:
 $RC = 12 + 14 + 6 + 18 + 20 + 30 = 100$ балів.

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, можуть отримати відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також ті здобувачі, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, під час екзаменаційної сесії проходять семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи.

Рейтингова шкала з дисципліни складає: $R = 100$ балів.

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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:

1. Які основні характеристики визначають процес наплавлення?
2. Які заходи сприяють зменшенню частки участі основного металу в наплавленому?
3. Поясніть суть основних видів зношування.
4. Яким чином можна здійснювати легування наплавленого металу?
5. Які основні системи легування застосовуються для зносостійкого наплавленого металу?
6. Яким чином визначається вуглецевий еквівалент?
7. Охарактеризуйте вплив вуглецю на твердість і зносостійкість наплавленого металу.
8. За якими структурними ознаками поділяються матриці зносостійкого наплавленого металу?
9. Яким чином ідентифікуються загартовані структури?
10. За якими ознаками класифіковано типи наплавленого металу?
11. Охарактеризуйте вплив основних легуючих елементів на властивості наплавленого металу.
12. Які типи наплавленого металу найбільш поширені для надання корозієстійкості?
13. Які типи наплавленого металу найбільш поширені для надання теплостійкості?
14. Які типи наплавленого металу найбільш поширені для надання жароміцності?
15. Які типи наплавленого металу найбільш поширені для надання зносостійкості?
16. Які матеріали застосовують при дугових способах наплавлення?
17. Які особливості технології наплавлення матеріалів з властивостями високомарганцевих аустенітних сталей?

18. Які особливості технології наплавлення матеріалів з властивостями спеціальних високохромистих чавунів?
19. Які особливості технології наплавлення матеріалів з властивостями високохромистих сталей?
20. Які особливості технології наплавлення матеріалів з властивостями сплавів на кобальтовій основі?
21. Які особливості технології наплавлення матеріалів з властивостями хромонікелевих аустенітних сталей?
22. Які особливості проведення попередньої підготовки поверхні під наплавлення?
23. У яких випадках і який інструмент використовується для обробки поверхневих шарів після наплавлення?
24. Охарактеризуйте основні види термічної обробки деталей після наплавлення і поясніть, з якою метою проводиться кожна з них.
25. Особливості ручного дугового наплавлення покритим електродом.
26. Особливості автоматичного наплавлення під шаром флюсу.
27. Особливості наплавлення стрічками під шаром флюсу.
28. Особливості наплавлення в середовищі захисного газу.
29. Особливості відбродугового наплавлення.
30. Особливості електрошлакового наплавлення.
31. Особливості плазмового наплавлення.
32. Особливості індукційного наплавлення.
33. особливості лазерного (світлового наплавлення).
34. Особливості електронно-променевого наплавлення.
35. Особливості газового наплавлення.
36. Особливості пічного наплавлення композиційних сплавів.
37. Особливості електроконтактного наплавлення.
38. Особливості наплавлення тертям.
39. Особливості плакування з використанням енергії вибуху.

Робоча програма навчальної дисципліни (силабус):

Складена доцентом, к.т.н, Степановим Денисом Володимировичем.

Ухвалено кафедрою зварювального виробництва (протокол №6 від 18.11.23)

Погоджено Методичною комісією інституту НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол №05/23 від 11.12.23)