**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Кафедра Зварювання

(назва)

«**ЗАТВЕРДЖУЮ**»

Завідувач кафедри

Проф.С.О. Лузан

 (ініціали та прізвище) (підпис)

«\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_\_ року

**СІЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

 Здатність до зварювання конструкційних матеріалів

(Назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти Другий (магістерський)

перший (бакалаврський) / другий (магістерський)

галузь знань 13. Механічна інженерія

(шифр і назва)

спеціальність 131. Прикладна механіка

(шифр і назва )

спеціалізація 131.11. Зварювання, спорідненні процеси і технології

(шифр і назва)

освітня програма Прикладна механіка

(назви освітніх програм спеціальностей )

вид дисципліни Професійна підготовка

(загальна підготовка (обов’язкова/вибіркова) / професійна підготовка (обов’язкова/вибіркова))

форма навчання Денна

(денна/заочна)

Харків – 2022 рік

**Обсяг дисципліни:** 5,0 кредити ECTS 150 годин.

**Лекцій:** 32 годин.

**Лабораторних занять:** 32 годин.

**Практичних занять:** годин.

**Форма контролю:** іспит.

**Термін викладання для освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр/магістр»:** 9 семестр.

Мова викладання: українська

**Мета**: випускник по даній дисципліні повинен проявляти вміння й навички по наступних питаннях: сутність процесу й утворення з'єднань при зварюванні; класифікація способів зварювання; теплові процеси при зварюванні; термодеформационные процеси при зварюванні; формування первинної структури металу шва; хімічна неоднорідність звареного з'єднання; фазове й структурне перетворення в металах у твердому стані при зварюванні; природа утворення гарячих і холодних тріщин при зварюванні; методи оцінки опірності зварених з'єднань утворенню гарячих і холодних тріщин; способи запобігання утворення гарячих і холодних тріщин; тріщини повторного нагрівання; зварюваність, критерії зварюваності.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

- **мати практичний досвід у**:

• теплових процесах при зварюванні;

• металургійних процесах при зварюванні ;

• термодеформаційних процесах при зварюванні ;

• формуванні первинної структури металу шва ;

• фазових і структурних перетвореннях в металах при зварюванні ;

• методах керування структурою металу зварного з'єднання ;

• технологічної міцністі металів та сплавів ;

• зварюваністі конструкційних матеріалів.

 **- вміти:**

• керувати структурою металу зварного з!єднання;

• проводити оцінку опірності металів та сплавів гарячим тріщинам ;

• запобігати утворенню гарячих тріщин при зварюванні ;

• проводити оцінку опірності металів та сплавів холодним тріщинам ;

• запобігати утворенню холодних тріщин при зварюванні;

• проводити оцінку опірності металу проти переходу в крихкий стан;

• проводити оцінку здатністі до зварювання конструкційних матеріалів.

**- знати:**

• історію і перспективи розвитку зварювального виробництва;

• особливості металургійних процесів при різних видах зварювання;

• особливості первинної кристалізації при зварюванні;

• види структурних перетворень в металі зварного з!єднання ;

• методи керування структурою металу зварного з'єднання ;

• деформаційно-кінетичну теорію технологічної міцності;

• фактори, критерії та показники здатності до зварювання ;

• правила техніки безпеки в зварювальної лабораторії;

• технічну літературу з дисципліни.

**Компетентності:** У процесі освоєння даної дисципліни студент формує і демонструє такі загально професійні компетенції щодо професійної діяльності в області виробництва зварних конструкцій в якості інженер-зварювальника на промислових підприємствах, в науково-дослідних і конструкторських організаціях різних організаційно-правових форм власності.

– здійснення технологічних процесів виготовлення зварних конструкцій, і контроль за дотриманням технологічної дисципліни на виробництві, контроль за ефективним використанням матеріалів і обладнання; здійснення технічного контролю відповідності якості виробу встановленим нормативам; під керівництвом більш кваліфікованого фахівця проведення стандартних і сертифікаційних випробувань об'єктів техніки;

–збір, обробка та накопичення з використанням сучасних технічних засобів технологічної, технічної, та інших видів інформації для реалізації інженерних рішень;

– забезпечення безпеки праці на виробничому ділянці;

– розробка технологічних процесів зварювання різноманітних видів зварних конструкцій і їх елементів;

**Результати навчання:** ознайомлено з основами процесу утворення з'єднань при зварюванні; формуванням первинної структури металу шва; хімічною неоднорідністью звареного з'єднання; фазовими й структурними перетвореннями в металах у твердому стані при зварюванні; природою утворення гарячих і холодних тріщин при зварюванні; методами оцінки опірності зварених з'єднань утворенню гарячих і холодних тріщин; способами запобігання утворення гарячих і холодних тріщин; тріщини повторного нагрівання; здатністю до зварювання різних конструкційних матеріалів.

**Теми що розглядаються**

**Змістовий модуль 1. Змістовий модуль №1. Фізична та технологічна сваріваємость матеріалів.**

Тема 1**.**  Вступ.

1.Історія й розвиток зварювального виробництва.

2.Сучасні тенденції зварювального виробництва в Україні,та за рубежем.

3. Внесок вітчизняних учених і інженерів у розвиток зварювання.

4.Історія та головні етапи розвитку уявлень про зварюваність сталей та сплавів різноманітних класів.

5.Вплив результатів досліджень на створення нових та вдосконалення існуючих процесів та технологій зварювання.

6. Зміст курсу *«*Здатність до зварювання конструкційних матеріалів*»*

 7. Використана література.

Тема 2. **Фізична зварюваність матеріалів.**

1. Класифікація процесів зварювання.
2. Види елементарних зв’язків у твердих тілах і монолітних з’єднаннях.

 3. Механізм утворення монолітних з'єднань твердих тіл.

4. Утворення зварного з'єднання в твердій фазі - зварювання тиском.

 5. Утворення зварного з'єднання в рідкій фазі - зварювання плавленням.

6.Фізичні особливості зварювання різнорідних матеріалів.

Тема 3. **Технологічна зварюваність матеріалів.**

1**.** Особливості зварювальних процесів.

2. Природа зварювальних напружень та деформацій.

3 Термодеформаційний цикл зварювання та його наслідки.

4. Фактори, критерії та показники здатності до зварювання.

 5. Властивості металів при температурах зварювального термічного циклу.

 6. Фактори здатності до зварювання.

7. Неоднорідності в зварних з'єднаннях та типові приклади їх иникнення.

8. Поняття технологічної зварюваності.

9. Критерії та показники технологічної зварюваності.

10. Загальна характеристика методів аналітичних та експериментальних досліджень технологічної зварюваності.

11. Поняття технологічної та експлуатаційної міцності.

Тема 4. Хімічна активність основного матеріалу**.**

1. Хімічна активність основного металу, як критерій його зварюваності.
2. Показники хімічної активності основного матеріалу.
3. Хімічна спорідненість металів до атмосферних газів.
4. Розчинність атмосферних газів в металах.
5. Деградація властивостей металів та сплавів внаслідок поглинання ними газів при зварюванні.

 6. Технологічні та металургійні методи запобігання поглинання газів металами при зварюванні.

Тема 5. **Чутливість матеріалу до термодеформаційного циклу зварювання.** **Структурні перетворення в металі зварного з'єднання.**

1. Види перетворень в металі зварного з'єднання під впливом термодеформаційного циклу зварювання.

2. Експериментальні методи визначення зварювальних деформацій і напружень.

3. Формування та міграція міжзеренних границь.

4. Види міжзеренних та міжфазних границь.

5. Вторинна або вибіркова рекристалізація при зварюванні.

6. Ріст зерна в навколошовній зоні.

 **7.**Процеси коагуляції та сфероідізації виділених фаз.

Тема 6.  **Фазові перетворення в металі зварного з'єднання.**

1. Особливості первинної кристалізації при зварюванні.

2. Види пер­винної структури та схеми кристалізації в зварному шві.

3. Металургійні та технологічні методи управління кристалізацією при зварюванні.

4. Поліморфні перетворення в металі зварного з'єднання.

5. Дифузійний та бездифузійний механізми перекристалізації.

6. Мартенситна структура в сталях та інших сплавах.

 7.Вплив швидкості охолодження на кінцеву структуру вуглецевої сталі.

8. Будова зони термічного впливу зварного шва при дугового зварювання.

 9. Виділення нових фаз з твердого розчину.

 10. Когерентні та некогерентні виділення.

 11.Старіння.

 12.Жароміцність та дисперсійне зміцнення нікелевих сплавів γ'-фазою. 475-градусна крихкість високолегованих сталей.

 13.Окрихчення, пов'язане із виділенням надлишкових фаз - карбідів та нітридів.

 14 .Окрихчення внаслідок виділення σ-, χ - та λ - або Лавес-фази.

 Тема 7. **Методи керування структурою металу зварного з'єднання.**

 1. Технологічні та металургійні методи керування структурою металу зварного з'єднання.

 2. Основні параметри термічного циклу зварювання.

 3. Термокінетичні діаграми фазових перетворень та діаграми анізотермічного розпаду аустеніту.

 4. Діаграма Шефлера.

 5. Класифікація легованих сталей за їх чутливістю до термодеформаційного циклу зварювання.

**Змістовий модуль №2. Зварюваність конструкційних матеріалів.**

Тема 8. **Гарячі тріщини** **при зварюванні.**

1.Поняття технологічної міцності.

2.Деформаційно-кінетична теорія технологічної міцності М.Н. Прохорова.

3. Кристалізаційні тріщини - причини виникнення, механізми утворення.

4.Сегрегаційні тріщини.

5.Внутрішня пластична деформація полікристалічних матеріалів.

6.Підсолідусні тріщини - гіпотези виникнення, матеріали з низькою опірністю до цих дефектів.

7.Типи первинної структури при кристалізації.

8.Визначення фазового складу металу зварних швів.

9.Методи оцінки опірності металів та сплавів гарячим тріщинам.

10Способи запобігання утворенню гарячих тріщин при зварюванні.

11.Технологічні проби різної жорсткості.

 Тема 9.  **Холодні тріщини при зварюванні.**

 1.Види холодних тріщин в зварних з'єднаннях.

2. Теорії утворення холодних тріщин - гартівна та воднева.

3.Методи оцінки опірності металів та сплавів холодним тріщинам.

4.Способи запобігання утворенню холодних тріщин при зварюванні.

 5.Непрямі методи оцінки опірності металів та сплавів холодним тріщинам.

Тема 10.  **Елементи експлуатаційної міцності металу зварних конструкцій.**

1.Види крихкого руйнування металу зварних з'єднань.

2.Холодноламкість.

3.Високотемпературна повзучість.

4.Методи оцінки опірності металу проти переходу в крихкий стан.

 5.Особливості руйнування металу зварних з'єднань в активних робочих середовищах.

Тема 11. **Сваріваємость низьковуглецевих і нізколегірлованних конструкційних сталей.**

1. Склад і властивості сталей.

2.Загальні відомості про зварюваність.

 3.Ручна дугова зварка покритими електродами.

 4.Зварювання під флюсом.

 5.Дугове зварювання в захисних газах.

 6.Контактна зварка.

Тема 12.  **Сваріваємость середньолегованих сталей**

 1. Класифікація та основні властивості.

 2. Загальні відомості про зварюваність.

 3. Деякі особливості зварювання.

 4. Ручна дугова зварка.

 5. Автоматичне зварювання під флюсом.

 6. Зварювання в захисних газах.

 7.Точкова і шовна зварка.

Тема 13. **Зварюваність високохромістих мартенситних, мартенситно-феритних і феритних сталей.**

1. Основні властивості і класифікація сталей.

 2. Загальні відомості про зварюваність.

 3.Зварюваннямартенситних і мартенситно-феритних сталей.

 4. Зварюваннявисокохромістих феритних сталей.

Тема 14.  **Зварюваність аустенітних сталей.**

 1. Основні властивості і класифікація сталей.

 2. Загальні відомості про зварюваність.

 3. Ручна дугова зварка.

 4. Зварювання під флюсом.

 5.Зварювання в захисних газах.

 6.Контактна зварка.

Тема №15. **Зварюваність кольорових металів та їх сплавів.**

1. Зварюваність легких металів і сплавів.
2. Зварюваністьнікелю і його сплавів.
3. Зварюваність титану і його сплавів.
4. Зварюваністьміді і сплавів на основі міді.

**Форма та методи навчання.** Заняття проводяться в навчальних аудиторіях і лабораторіях, оснащених необхідним навчальним, методичним, інформаційним, програмним забезпеченням.

У викладанні професійного модуля передбачається з метою реалізації компетентного підходу використання активних і інтерактивних форм проведення занять: ігрові технології, тренінги, групові дискусії, розбір конкретних виробничих ситуацій, рейтингова технологія оцінювання знань учнів, інформаційно-комунікативні технології.

Консультації для учнів очної форми одержання освіти передбачаються в обсязі 20 годин на навчальну групу на кожен навчальний рік.

Консультаційна допомога здійснюється в індивідуальній, груповій, усній, дистанційної та письмовій формах.

Освоєння даного модуля передує вивчення дисциплін:

- **загального гуманітарного та соціально-економічного циклу**: «Основи філософії», «Історія», «Психологія спілкування», «Іноземна мова», «Фізична культура».

- **математичного і загального природничого циклу**: «Математика», «Фізика», «Інформатика».

- **професійного циклу**: «Технічна механіка», «Інженерна графіка », « Матеріалознавство», « Електротехніка та електроніка », «Теорія процесів зварювання », «Технологія та устаткування зварювання тиском», «Введення до фаху», «Прикладне матеріалознавство», «Металографія зварних з'єднань».

**Методи контролю.**  Перевірка освоєння виду професійної діяльності передбачає перевірку освоєння необхідних для даної професійної діяльності професійних і загальних компетенцій.

Робоча програма містить перелік результатів освоєння даного модуля (професійних і загальних компетенцій); опис основних показники оцінки результату, а також вказівку конкретних форм і методів контролю і оцінки результатів.

Оцінка якості освоєння дисципліни проводиться за результатами наступних контролюючих заходів:

|  |  |
| --- | --- |
| Контролюючі заходи | Результати навчання з дисципліни |
| Захист звітів виконаних лабораторних робіт | По рейтингової системі в балах |
| Аналіз підготовлених рефератів |
| За рейтинговою системою в балах |
| Тестування |
| Іспит |

Для оцінки якості освоєння дисципліни при проведенні контролюючих заходів передбачені наступні засоби (фонд оціночних засобів):

1. Контрольні питання, що задаються при виконанні і захисту лабораторних робіт (наприклад):

- наведіть класифікацію холодних тріщин;

- наведіть способи запобігання утворення холодних тріщин;

- наведіть класифікацію горячих тріщин;

- назвіть способи запобігання горячих тріщин.

2. Питання, що виносяться на іспити (приклад питань у квитку):

- природа утворення холодних тріщин при зварюванні;

- особливості первинної кристалізації під час зварювання ;

- природа утворення гарячих тріщин при зварюванні.

Розподіл балів, які отримують студенти.

Розподіл балів оцінювання успішності студента розраховується індивідуально для кожної дисципліни з урахуванням особливостей та структури курсу. Поточна сума балів, що може накопичити студент за семестр може досягати, як максимального балу так і меншого з виділенням балів на іспит чи залік.

В таблиці 1 та 2 наведений приклад тих пунктів за якими студент накопичує бали, ці пункти можуть відрізнятися та розглядаються індивідуально для конкретної дисципліни.

Таблиця 1. – Розподіл балів для оцінювання успішності студента для заліку

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Контрольні роботи | Лабораторні роботи | КР  | РГЗ | Індивідуальні завдання | Іспит | Сума |
| 10 | 30 | 30 | ― | ― | 30 | 100 |

Таблиця 2. – Шкала оцінювання знань та умінь: національна та ЕСТS

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Сума балів за всі види навчальної діяльності | Оцінка ЕСТS | Оцінка за національною шкалою |
| 90-100 | А | відмінно |
| 82-89 | В | добре |
| 74-81 | С |
| 64-73 | D | задовільно |
| 60-63 | Е |
| 35-59 | FХ | незадовільно з можливістю повторного складання |
| 0-34 | F | незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни |

Основна література

|  |  |
| --- | --- |
| 1. |  Сливінський О. А. Здатність до зварювання конструкційних матеріалів: навч. посібн. - К.: НТУУ «КГПЇ», 2010. - 260 с. |
| 2. |  Прохоров Н. Н. Физические процессы в металлах при сварке. Т. 1 - Элементы физики металлов и процессе кристаллизации. - М.: Металлургия, 1968.-695 с. |
| 3. |  Прохоров Н. Н. Физические процессы в металлах при сварке. Т. 2 - Внутренние напряжения, деформации и фазовые превращения. - М.: Металлургия, 1976. - 600 с. |
| 4. |  Сварка в машиностроении. Справочник. т. 1 / под ред. Н. А. Ольшанского. - М.: Машиностроение, 1978. - 501 с. |
| 5. |  Сварка в машиностроении. Справочник. т. З / под ред. В. А. Винокурова. - М.: Машиностроение, 1979. - 567 с. |
| 6  | Теорія процесів зварювання-2. Фізико-хімічні та металургійні процеси при зварюванні. Текст лекцій / В. М. Коперсак - К.: НТУУ «КГПЇ», 2011.-252 с. |
|  7 | Фролов В.В. Теория сварочных процессов – М.: Высш. школа, 1988. – 559 с |
| 8 |  Багрянский К.В. Добротина С.А., Хренов К.К. Теория сварочных процессов. – Киев: Віща школа, 1976 – 327с. |
| 9 | Лившиц Л. С., Хакимов А. Н. Металловедение сварки и термическая обработка сварных соединений. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1989. - 336 с. |
| 10 |  Грабин В. Ф. Металловедение сварки плавлением. - К.: Наук, думка, 1982.-416 с. |

**Додаткова**

|  |  |
| --- | --- |
| 11. |  Прохоров Н. Н. Технологическая прочность сварных швов в процессе кристаллизации. - М.: Металлургия, 1979. - 248 с. |
| 12. |  Горячие трещины при сварке жаропрочных сплавов / М. X. Шоршоров, А. А. Ерохин, Т. А. Чернышов и др. - М.: Машиностроение, 1973.-224 с. |
| 13. |  Методические указания к лабораторным роботам по курсу "Здатність до зварювання конструкційних матеріалів"- Харьков : НТУ ХПИ , 2014. |
| 14 | Гривняк И. Свариваемость сталей. - М.: Машиностроение, 1984. -216 с |
| 1516  | Лившиц Л. С. Металловедение для сварщиков - М.: Машиностроение, 1979.-243 с. Физическое металловедение. / под ред. Р. Кана: пер. с англ. под ред. В. М. Розенберга - М.: Мир, 1968. - 484 с. |

**Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни.**

Таблиця 4. – Перелік дисциплін

|  |  |
| --- | --- |
| Попередні дисципліни: | Наступні дисципліни: |
| Введення до фаху | Експериментальні методи у зварюванні |
| Металографія зварних з'єднань | Дипломне проектування  |
| Теорія процесів зварювання |   |
| Технологія та устаткування зварювання тиском |   |
| Технологія та устаткування зварювання плавленням  |   |
| Зварювання спеціальних матеріалів  |   |

Провідний лектор: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_