

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Матеріалознавство зварних з'єднань»



Ступінь освіти	бакалавр
Освітня програма	для бакалаврів 13 і 19 галузі знань
Тривалість викладання	15 чверть
Заняття:	весінній семестр
лекції:	2 години
практичні заняття:	2 години
Мова викладання	українська

Сторінка курсу в СДО НТУ «ДП»: <https://do.nmu.org.ua/course/view.php?id=7616>

Кафедра, що викладає Конструювання, технічної естетики і дизайну



Ротт Наталія Олександрівна

Доцент, канд. техн. наук,

доцент кафедри КТЕД

Персональна сторінка

<https://okmm.nmu.org.ua/ua/rott.php>

E-mail:

rott.n.o@nmu.one

1. Анотація до курсу

Курс «Матеріалознавство зварних з'єднань» присвячений вивченню структури, властивостей та поведінки металів у різних зонах зварного з'єднання (зона плавлення, зона термічного впливу та основний метал) залежно від застосованих технологій зварювання. Здобувачі набувають знань про закономірності формування мікроструктури, фазові перетворення, зміни механічних властивостей та методи контролю якості зварних швів, включно з ультразвуковим та іншими неруйнівними методами. Особлива увага приділяється кореляції між режимами зварювання, вибором присадкових матеріалів та кінцевими властивостями з'єднань, що забезпечує практичну підготовку до проєктування та оцінки надійності сучасних металоконструкцій.

2. Мета та завдання курсу

Мета дисципліни – формування у здобувачів здатності аналізувати, прогнозувати та цілеспрямовано формувати структуру і властивості матеріалів у процесі зварювання, зокрема у зоні шва, зоні термічного впливу та основному матеріалі. Дисципліна спрямована на набування знань щодо структурних перетворень, методів керування мікроструктурою, оцінки якості зварних з'єднань і підбору технологій зварювання з урахуванням матеріалознавчих факторів.

Завдання курсу:

- Ознайомлення здобувачів з структурними зонами зварного з'єднання та закономірностями їх формування під впливом різних технологій зварювання.
- Вивчення впливу режимів зварювання та типу присадкового матеріалу на мікроструктуру і механічні властивості з'єднань.
- Формування навичок аналізу та оцінки якості зварних швів за допомогою лабораторних досліджень, включно з ультразвуковим імітаційним та механічним контролем.
- Освоєння методів моделювання та прогнозування структурних змін, фазових перетворень та твердості металу в зоні термічного впливу.
- Розвиток здатності корелювати результати експериментальних досліджень з вибором технології зварювання для забезпечення необхідних властивостей конструкційних елементів.

3. Результати навчання

Знати будову зони зварного з'єднання (метал шва, зона термічного впливу, основний метал) та розуміти вплив зварювального циклу на формування структури
Уміти аналізувати мікроструктуру матеріалу після зварювання, визначати характер фазових та структурних перетворень.
Здійснювати підбір технології зварювання та присадкових матеріалів, виходячи з властивостей металів та експлуатаційних вимог
Обирати та застосовувати методи післязварювальної термічної та структурної обробки для підвищення якості з'єднання
Оцінювати властивості зварних з'єднань (механічні, експлуатаційні, корозійні) та прогнозувати їх вплив на працездатність конструкції.
Використовувати методи контролю якості та діагностики зварних з'єднань, у тому числі структурного та неруйнівного контролю.
Інтерпретувати діаграми стану, ТТТ та ССТ-діаграми для прогнозування структурних змін у процесі зварювання.
Формулювати інженерні рішення щодо покращення структури та властивостей зварних з'єднань у виробничих умовах.

4. Структура курсу

ЛЕКЦІЇ
Вступ до матеріалознавства зварювання. Роль матеріалознавства в технологіях зварювання. Види зварних з'єднань та вплив технології зварювання на структуру матеріалу. Типи зварюваних матеріалів (сталі, сплави Al, Ti, Ni, Cu, композити).
Зони зварного з'єднання: структура та властивості. Зона зварного шва (Fusion Zone, FZ). Зона термічного впливу (Heat-Affected Zone, HAZ). Основний матеріал (Base Metal, BM).
Фазові та структурні перетворення при зварюванні. Вплив температурних циклів зварювання. ТТТ та ССТ-діаграми для прогнозування фазових перетворень. Технологічна спадковість структури металу. Мікроструктурні дефекти: рост зерна, перегрів, холодні тріщини, відпускні тріщини.
Методи керування структурою. Легування та присадкові матеріали. Перед- та післязварювальна термічна обробка. Керування тепловкладом, вибір режимів зварювання. Вибір технології (MIG/MAG, TIG, MMA, лазерне, плазмове, точкове).
Властивості зварних з'єднань. Механічні: міцність, пластичність, твердість, ударостійкість. Експлуатаційні: зносостійкість, жаростійкість, корозійна стійкість. Залишкові напруження та деформації. Втомна міцність і поведінка при циклічних навантаженнях.
Контроль якості та діагностика зварних з'єднань. Неруйнівні методи (ультразвуковий, рентген, магнітопорошковий). Руйнівні випробування (гнуття, розтяг, удар). Методи структурного аналізу (оптична, електронна мікроскопія).
Сучасні технології та інновації. Зварювання при 3D-друку та адитивних процесах. Зварювання нових матеріалів (Al-Li, Ti, композити). Лазерно-гібридне зварювання. Інтелектуальні системи контролю процесу (моніторинг температури, автоматичне регулювання).
ПРАКТИЧНІ РОБОТИ
Аналіз структури металу в зоні шва після різних технологій зварювання
Розрахунок режимів зварювання для мінімізації зони термічного впливу
Побудова температурного циклу та аналіз фазових перетворень
Визначення твердості та кореляція з мікроструктурою
Діагностика зварних з'єднань методом ультразвукового неруйнівного контролю

5. Технічне обладнання та/або програмне забезпечення

Програмне забезпечення: ОС Windows, MS Office.

Активованій акаунт університетської пошти (student.i.p.@nmu.one) на Офіс365.

Обладнання: стереографічний мікроскоп; інвертований металографічний мікроскоп; портативний твердомір Novotest Т-УД2; ультразвуковий дефектоскоп.

6. Система оцінювання та вимоги

6.1. Навчальні досягнення здобувачів вищої освіти за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче:

Рейтингова шкала	Інституційна шкала
90 – 100	відмінно
75-89	добре
60-74	задовільно
0-59	незадовільно

6.2. Здобувачі можуть отримати підсумкову оцінку з дисципліни на підставі поточного оцінювання знань за умови, якщо набрана кількість балів з поточного контролю складатиме не менше 60 балів.

Максимальне оцінювання:

Теоретична частина	Практична частина		Бонус	Разом
	За умови своєчасного складання	При несвоєчасному складанні		
30	60	50	10	100

Теоретична частина оцінюється шляхом визначення якості виконання конкретизованих завдань та участі у дискусіях під час лекційних занять.

Кожна практична робота оцінюється максимально у 100 балів і враховує якість виконання та обговорення результатів досліду, оформлення звіту та рівень засвоєння теоретичного матеріалу під час захисту. Критерії оцінювання наведені в методичних рекомендаціях до виконання практичних робіт за освітнім компонентом «Матеріалознавство зварних з'єднань». Кінцева оцінка за практичною частиною визначається як середньозважене значення за усіма практичними роботами з коефіцієнтом 0,6.

У разі якщо здобувач не набрав 60 балів за поточний контроль або прагне підвищити свій результат, він має право пройти підсумковий тест.

6.3. Критерії оцінювання підсумкової роботи:

Підсумкові результати навчання складаються з результатів тестування. Градація оцінювання здійснюється за 100-бальною шкалою: тест містить 20 питань, за кожну правильну відповідь нараховується 5 балів. Разом із тим результати тестування можуть бути знижені у разі невиконання або незахисту практичних робіт.

7. Політика курсу

7.1. Політика щодо академічної доброчесності

Академічна доброчесність здобувачів вищої освіти є важливою умовою для опанування результатами навчання за дисципліною і отримання задовільної оцінки з поточного та підсумкового контролів. Академічна доброчесність базується на засудженні практик списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі). Політика щодо академічної доброчесності регламентується положенням "Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті "Дніпровська політехніка". http://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/us_documents/System_of_prevention_and_detection_of_plagiarism.pdf.

У разі порушення здобувачем вищої освіти академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація), робота оцінюється незадовільно та має бути виконана повторно. При цьому викладач залишає за собою право змінити тему завдання.

7.2. Комунікаційна політика

Здобувачі вищої освіти повинні мати активовану університетську пошту.

Усі письмові запитання до викладачів стосовно курсу мають надсилатися на університетську електронну пошту.

7.3. Політика щодо перескладання

Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

7.4 Політика щодо оскарження оцінювання

Якщо здобувач вищої освіти не згоден з оцінюванням його знань він може опротестувати виставлену викладачем оцінку у встановленому порядку.

7.5. Відвідування занять

Для здобувачів вищої освіти денної форми відвідування занять є обов'язковим. Поважними причинами для неявки на заняття є хвороба, участь в університетських заходах, академічна мобільність, які необхідно підтверджувати документами. Про відсутність на занятті та причини відсутності здобувач вищої освіти має повідомити викладача або особисто, або через старосту.

За об'єктивних причин (наприклад, міжнародна мобільність) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням з керівником курсу.

8 Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. О.М. Кузнецов. *Матеріалознавство зварювання*. – К.: Вид-во КПІ, 2019.
2. В.М. Нестеренко. *Зварювання та термічна обробка металів*. – Харків: НТУ «ХПІ», 2022.
3. G. R. Edwards, *Welding Metallurgy*, Springer, 2021.

4. Sindo Kou, *Welding Metallurgy*, Wiley, 2003.
5. J.F. Lancaster, *Metallurgy of Welding*, Springer, 2018.

Додаткова література

6. Laukhin, D., Pozniakov, V., Beketov, O., Rott, N., & Shchudro, A. (2020). Analysis of the effects of welding conditions on the formation of the structure of welded joints of low-carbon low-alloy steels. *Key Engineering Materials*, 844, 146-154.
7. Tsymbal, B., Ziborov, K., Rott, N., & Fedoryachenko, S. (2021, August). Analysis of the effect of mechanical oscillations generated during welding on the structure of ductile constituent of products made of steel 10G2FB. *Materials Science Forum*, 1038, 40-48.
8. Metallographic analyses of potential areas of destructions initiation of the zone of thermal impact of low-carbon steels after laser welding / D. Laukhin, O. Beketov, Y. Slupska, E. Babenko, N. Rott, V. Dytiuk. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*. 2021. №65-09, 88-98.
9. Застосування методів факторного аналізу у дослідженні структурного стану зварного з'єднання після лазерного зварювання / Лаухін Д. В., Бекетов О. В., Тютєрев І. А., Слупська Ю. С., Ротт Н. О. // *Український журнал будівництва та архітектури*. 2021. №31(003), 91-100.
10. Laukhin, D., Poznyakov, V., Kostin, V., Beketov, O., Rott, N., Slupska, Y., ... & Liubymova-Zinchenko, O. (2021). Features in the formation of the structural state of low-carbon micro-alloyed steels after electron beam welding. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 111(12).
11. Слупська, Ю.С., Бекетов, О.В., Ротт, Н.О., Лаухін, Д.В., Твердохліб, О.М., & Вернер, І.В. (2024). Застосування імітаційного моделювання для дослідження взаємозв'язку між структурним станом та геометричними розмірами зон зварного з'єднання. *Збірник наукових праць НГУ*, 76, 273–282.
12. Моделювання впливу режимів зварювання на механічні властивості зварних з'єднань / Є. Д. Пілюгін, Н. О. Ротт, М. А. Мироненко та ін. // *Металознавство та термічна обробка металів*. 2023. №2 (101), 67-72.
13. Laukhin, D., Ziborov, K., Rott, N., & Fedoryachenko, S. (2024, September). Analysis of the Effects of Welding Conditions on the Microhardness of Low-Carbon Low-Alloy Steels. *Materials Science Forum*, 1126, 119-127.
14. Study of the Kinetics of Plastic Deformation Propagation in a Welded Joint of 10G2FB Steel after Submerged Arc Welding (2025) / Dmytro Laukhin, Oleksandr Beketov, Nataliia Rott, Bohdan Tsymbal. *Materials Science Forum*, 1163, 19-30.

Нормативні документи

15. ДСТУ EN ISO 4063:2018 – Зварювання. Номенклатура процесів.
16. ДСТУ ISO 5817:2014 – Контроль якості зварних з'єднань.
17. AWS D1.1/D1.1M:2020 – Welding structural steel.