

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до самостійної роботи

з дисципліни «Технологія та устаткування зварювання тиском»

для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка»
освітніх програм «Технології та устаткування зварювання» та
«Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій»
усіх форм навчання

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з дисципліни «Технологія та устаткування зварювання тиском» для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка» освітніх програм «Технології та устаткування зварювання» та «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» усіх форм навчання / Укладачі: В.В. Нетребко, Т.Ю. Панфілов, О.В. Михайлов. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 13 с.

Укладачі: В.В. Нетребко, професор, докт. техн. наук
Т.Ю. Панфілов, аспірант
О.В. Михайлов аспірант

Рецензент: М.Ю. Осіпов, доцент, канд. техн. наук

Відповідальний
за випуск: В.В. Нетребко, професор, докт. техн. наук

ЗАТВЕРДЖЕНО:
на засіданні кафедри ІТЗ та МК
Протокол №5 від 29.11.2024 р.

Рекомендовано
до видання НМК ІФФ
Протокол №4
від 17.12.2024 р.

ЗМІСТ

1 ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ.....	4
2 ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	6
3 ЗАГАЛЬНИЙ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН РОБОТИ.....	8
4 ЗМІСТ ТА ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ	9
5 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ.....	9
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	12
Рекомендовані інформаційні джерела	13

1 ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ

Метою вивчення дисципліни є формування теоретичних знань щодо основ технологічних процесів з'єднання сучасних конструкційних матеріалів способами зварювання тиском, вивчення будови устаткування для зварювання тиском та основ його проектування.

Основне завдання навчальної дисципліни є оволодіння студентами теоретичних основ способів зварювання тиском, здобуття практичних навичок у розробці технологічних процесів зварювання деталей та конструкцій, виготовлених з металів, неметалів та композиційних матеріалів.

Для успішного опанування необхідними компетентностями та навичками при вивченні даної дисципліни студенти повинні спиратися на результати навчання, які отримані після завершення вивчення наступних дисциплін: інженерна та комп'ютерна графіка, основи 3D моделювання зварних конструкцій, технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство, фізичні і металургійні процеси в зварюванні, електротехніка, зварювальні джерела живлення, теорія процесів зварювання, допоміжне обладнання зварювального виробництва, складально-зварювальне оснащення.

Компетентності, які набуде та розвине в процесі навчання та результати навчання здобуті при вивченні цієї дисципліни майбутній технічний фахівець-механік може використати при вивченні дисципліни виробництво зварних конструкцій та при розв'язанні певної практичної проблеми в своїй кваліфікаційній роботі й у подальшій професійній діяльності на виробництві.

Інтегральна компетентність. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в прикладній механіці або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів механічної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності

1. ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

2. ЗК3. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
3. ЗК4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
4. ЗК5. Здатність працювати в команді.
5. ЗК7. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
6. ЗК12. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
7. ЗК13. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності

1. СК1. Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки.
2. СК4. Здатність здійснювати оптимальний вибір технологічного обладнання, комплектацію технічних комплексів, мати базові уявлення про правила їх експлуатації.
3. СК9. Здатність представлення результатів своєї інженерної діяльності з дотриманням загальноприйнятих норм і стандартів.
4. СК13. Здатність розробляти технічні завдання та технічні пропозиції з проєктування та експлуатації зварювального обладнання, оцінювати зварні конструкції, розробляти технологічні процеси зварювання способами зварювання плавленням та тиском, вміти проводити дослідження.
5. СК14. Здатність використовувати знання в галузі фізико-хімічних, термодформаційних та металургійних процесів для обґрунтованого призначення способів, технологічних параметрів зварювання плавленням та тиском і споріднених процесів.
6. СК16. Здатність проводити цільовий інформаційний пошук по проблемі вдосконалення технологій зварювання, зварних конструкцій, зварювального обладнання та споріднених процесів.

Програмні результати навчання зі спеціальності:

1. ПРН6. Створювати і теоретично обґрунтовувати конструкції машин, механізмів та їх елементів на основі методів

прикладної механіки, загальних принципів конструювання, теорії взаємозамінності, стандартних методик розрахунку деталей машин.

2. ПРН9. Знати та розуміти суміжні галузі (механіку рідин і газів, теплотехніку, електротехніку, електроніку) і вміти виявляти міждисциплінарні зв'язки прикладної механіки на рівні, необхідному для виконання інших вимог освітньої програми.

3. ПРН14. Здійснювати оптимальний вибір обладнання та комплектацію технічних комплексів.

4. ПРН16. Вільно спілкуватися з професійних питань усно і письмово державною та іноземною мовою, включаючи знання спеціальної термінології та навички міжособистісного спілкування.

5. ПРН22. Знати і розуміти термодинамічні процеси зварювання і фізико-технологічні властивості отриманих з'єднань або поверхонь.

6. ПРН24. Здійснювати оптимальний вибір способів зварювання, розробляти технологічні процеси зварювання способами плавлення та тиском, виконувати розрахунки параметрів режимів зварювання для отримання якісного зварного з'єднання з сучасних конструкційних матеріалів.

2 ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Навчальна дисципліна складається з одного модуля. Ви вивчаєте:

- Тема 1. Вступ. Теоретичні основи утворення з'єднання при контактному зварюванні. (4 год.) Різні способи контактного зварювання тиском. Історія їх розробки та роль вітчизняної науки у їх розвитку. Основні параметри процесів зварювання тиском. Етапи формування з'єднання. Класифікація способів утворення з'єднань. Конденсаторне зварювання. Сутність процесу, різновидності способу. Параметри технологічного процесу, їх регулювання. Вибір режиму зварювання. Переваги і недоліки способу, галузі застосування. Схема процесу зварювання тертям. Джерела теплоти при зварюванні. Класифікація матеріалів для зварювання тертям. Типова циклограма процесу. Області раціонального використання способу. Схема процесу ультразвукового зварювання. Джерела теплоти при зварюванні.

Типова циклограма процесу. Області раціонального використання способу. Схема процесу пресового холодного зварювання. Джерела теплоти при зварюванні. Типова циклограма процесу. Області раціонального використання способу. Схема процесу дифузійного зварювання. Джерела теплоти при зварюванні. Типова циклограма процесу. Області раціонального використання способу.

- Тема 2. Процеси нагрівання металу. Опір зони зварювання. Температурні та електричні поля (4 год.). Схема формування з'єднань. Процеси нагрівання металу в зоні зварювання. Електричні опори зони зварювання, їх роль в процесах нагрівання та утворенні з'єднання. Залежність контактних опорів від умов зварювання. Температурні та електричні поля. Власний опір деталей. Способи визначення загального опору зони зварювання. Тепловий баланс. Температурні поля в зоні зварювання, їх залежність від параметрів режиму. Поняття “жорстких” і “м'яких” режимів. Електричні поля, фактори, що визначають їх нерівномірність. Явище шунтування струму. Пластична деформація при зварюванні. Теплове розширення металу при зварюванні. Процеси масопереносу. Вплив параметрів режиму зварювання на розміри ядра. Основні дефекти з'єднання, їх утворення та заходи попередження.

- Тема 3. Особливості процесів точкового, рельєфного і шовного зварювання та його програмування, (4 год.) Загальна схема технологічного процесу виготовлення зварних вузлів. Вплив властивостей матеріалів, що зварюються на вибір параметрів режиму зварювання. Класифікація сплавів за теплофізичними властивостями та режими їх зварювання.

- Тема 4. Основні дефекти з'єднання та заходи попередження їх утворення. (4 год.). Контактний опір при зварюванні. Механізм нагрівання при оплавленні. Основні параметри режиму, їх визначення. Циклограма процесу зварювання. Стійкість оплавлення. Розрахунок струму та визначення інших параметрів процесу. Контроль параметрів технологічного процесу та стану обладнання при зварюванні. Області раціонального використання різних способів контактного зварювання.

- Тема 5. Основні конструктивні елементи і параметри з'єднань. (4 год.) Схема процесу контактного стикового зварювання опором. Специфіка процесів точкового, рельєфного і шовного зварювання та його програмування. Раціональна та типові циклограми зміни

параметрів режиму. Схема процесу стикового зварювання оплавленням. Джерела теплоти при зварюванні.

- Тема 6. Загальні відомості про машини зварювання тиском. (4 год.) Класифікація машин контактного зварювання. Конструкція вузлів механічної частини машини контактного зварювання. Корпуси. Консоли.. Пневматичні пристрої, схеми та принцип дії їх основних вузлів. Системи охолодження машин контактного зварювання.

- Тема 7. Електрична частина контактних машин та електроди. (4 год.). Приводи стискання та затискання деталі, їх класифікація та схеми. Програматори та контролери процесу зварювання. Електроди точкових та шовних машин. Стійкість електродів. Роликові головки. Приводи роликів.

- Тема 8. Перспективи розвитку технологій зварювання тиском. (2 год.) Інженерні основи раціональної експлуатації машин та установок для зварювання тиском. Забезпечення вимог охорони праці та довкілля.

3 ЗАГАЛЬНИЙ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН РОБОТИ

№ п/п	Теми лекцій, (30 год.)	Теми лабораторних робіт, (14 год.)
Змістовий модуль 1		
1,2	Тема 1. (4 год) Вступ. Теоретичні основи утворення з'єднання при контактному зварюванні.	ЛР № 1 «Дослідження технологічного процесу холодного зварювання тиском. Вивчення елементів конструкції машин зварювання»
3,4	Тема 2. (4 год) Процеси нагрівання металу. Опір зони зварювання. Температурні та електричні поля.	ЛР № 2 «Дослідження технологічного процесу зварювання тертям. Вивчення елементів конструкції машин зварювання»
5,6	Тема 3. (4 год) Особливості процесів точкового, рельєфного і шовного зварювання та його програмування.	ЛР № 3 «Дослідити технологічний процес ультразвукового точкового зварювання. Вивчити елементи конструкції машин зварювання»
7,8	Тема 4. (4 год) Основні дефекти з'єднання та заходи попередження їх утворення.	ЛР № 4 «Дослідити технологічний процес стикового зварювання. Вивчити елементи конструкції машин зварювання»
9,10	Тема 5. (4 год) Основні	ЛР № 5 «Дослідити технологічний процес

	конструктивні елементи і параметри з'єднань.	конденсаторного точкового зварювання. Вивчити елементи конструкції машини ТКМ - 7»
11,12	Тема 6. (4год) Загальні відомості про машини зварювання тиском.	ЛР № 6 «Дослідити технологічний процес електроконтактного зварювання тиском. Вивчити елементи конструкції машин зварювання»
13,14	Тема 7. (4 год) Електрична частина контактних машин та електроди.	ЛР № 7 «Розрахунок параметрів режиму електроконтактного зварювання тиском»
15	Тема 8. (2 год) Перспективи розвитку технологій зварювання тиском.	

4 ЗМІСТ ТА ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

Звіт по виконаній роботі повинен містити наступні відомості:

- мета роботи;
- опис методики проведення експериментів чи досліджень;
- результати експериментів чи досліджень відобразити у вигляді таблиць, графіків чи ескізів або опис вивченого об'єкту;
- аналіз отриманих результатів опис та висновки по роботі повинні містити інформацію про проведені дослідження.

Документація (реферати, лабораторні роботи, курсовий проєкт та інше) оформлюється у відповідності до ДСТУ 3008:2015.

5 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Суть і особливості зварювання в твердому стані порівняно із зварюванням плавленням.

2. Класифікація способів зварювання тиском за температурою зварювання, головними параметрами процесу та інтенсивністю і величиною пластичної деформації.

3. Три умовно виділені стадії в узагальненій схемі зварювання в твердому стані.

4. Суть та головні параметри процесів: холодного зварювання; ХЗ з деформацією зсуву;
5. Типи зварних з'єднань при використанні: холодного зварювання; ХЗ з деформацією зсуву;
6. Технологічні особливості: холодного зварювання; ХЗ з деформацією зсуву;
7. Призначення окремих елементів машин.
8. Оцінка якості зварювання виробів при ХЗ.
9. Устаткування, переваги, недоліки та область використання: холодного зварювання; ХЗ з деформацією зсуву;
10. Як утворюється з'єднання при зварюванні тертям?
11. Назвіть головні вузли машини для зварювання тертям.
12. Якими є технічні можливості та характеристики машини МСТ-2?
13. Які машини для зварювання тертям використовує промисловість?
14. Поясніть принцип роботи електричної схеми машини МСТ-2.
15. Назвіть основні параметри режиму зварювання тертям. Як вони впливають на якість зварювання?
16. Які ви знаєте галузі використання зварювання тертям?
17. Основні недоліки та переваги зварювання тертям.
18. Які циклограми застосовуються при зварюванні тертям?
19. Як утворюється з'єднання при УЗЗ?
20. З яких головних вузлів складається обладнання для УЗЗ?
21. Які матеріали зварюються УЗЗ?
22. Яким є принцип дії магнітострикційного перетворювача?
23. Назвіть основні параметри режиму УЗЗ.
24. Як впливають основні параметри УЗЗ на якість з'єднання?
25. Як влаштована зварювальна головка кліщів КТУ-1,5?
26. Як налаштувати акустичний вузол кліщів КТУ-1,5?
27. Які ви знаєте галузі застосування УЗЗ?
28. Якою є міцність точкових і шовних з'єднань виконаних УЗЗ?
29. Поясніть сутність стикового зварювання опором.

30. Яку роль відіграє контактний опір між деталями при стиковому зварюванні опором?
31. Які вимоги пред'являються до торців заготовок при стиковому зварюванні опором?
32. Назвіть основні параметри режиму стикового зварювання опором.
33. У якому стані утворюється зварне з'єднання при стиковому зварюванні опором?
34. Яка форма торців трубчастих та стержневих заготовок при стиковому зварюванні опором є найбільш прийнятною?
35. Як впливає зміна зварювального тиску при стиковому зварюванні опором на якість з'єднання?
36. Як впливає зміна часу нагріву при стиковому зварюванні опором на якість з'єднання?
37. Як впливає зміна зварювального струму при стиковому зварюванні опором на якість з'єднання?
38. На що впливає встановлювальна довжина заготовок при стиковому зварюванні опором?
39. Які дефекти зварного з'єднання можуть утворюватись при стиковому зварюванні опором?
40. Як контролюється нагрівання заготовок при стиковому зварюванні опором?
41. Поясніть роботу кінематичної схеми машини ТКМ-7.
42. Як відбувається регулювання параметрів режиму зварювання і як впливають останні на якість зварних з'єднань?
43. Які галузі переважно використовуються для конденсаторного зварювання?
44. Які сплави використовують при виготовленні електродів машин конденсаторного точкового зварювання?
45. У чому полягає ефект Пельт'є під час конденсаторного зварювання?
46. Як зварювальник регулює тривалість стадії «Стискання» циклу зварювання на машині ТКМ-7?
47. Які неполадки електричної або кінематичної схем можуть викликати відсутність струму у машині ТКМ-7?
48. У чому полягають основні переваги та недоліки конденсаторного точкового зварювання?
49. Поясніть сутність контактного точкового зварювання.

50. Назвіть основні параметри режиму точкового зварювання.

51. За допомогою формули Джоуля-Ленца та її графічного зображення, поясніть, що представляють собою жорсткий та м'який режими контактного точкового зварювання.

52. Як на машині контактного зварювання обираються та встановлюються необхідні параметри?

53. Поясніть характер зміни залежності $F_{руйн}=f_1(t_{зв})$ та $F_{руйн}=f_2(I_{зв})$.

54. Поясніть ефект шунтування струму, як він впливає на якість зварного з'єднання?

55. Поясніть, чому зусилля руйнування зварних точкових з'єднань на зріз в 1,5...2 рази більше ніж на відрив?

56. Як визначаються параметри режиму точкового зварювання?

57. Як записується рівняння теплового балансу для точкового зварювання?

58. Як по заданим зварювальному струму та загальному опору зони зварювання визначити необхідний ступінь зварювального трансформатора?

59. Від чого залежить значення та характер зміни контактного опору?

60. Які дефекти можуть утворитись в зварному з'єднанні внаслідок невірного вибору наступних параметрів контактного точкового зварювання: $F_{зв}$, $t_{зв}$, $I_{зв}$, $d_{сл}$?

61. Як параметри точкового контактного зварювання впливають на якість зварного з'єднання?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Кривцун, І. В. Спеціальні способи зварювання : підручник. [Текст] / І. В. Кривцун, В. В. Квасницький, С. Ю. Максимов, Г. В. Єрмолаєв, за загальною редакцією академіка НАН України, доктора технічних наук, професора Б. Є. Патона. – Миколаїв : НУК, 2017.– 346 с.

2. Бугаєнко, Б. В. Технології та устаткування зварювання тиском: навчальний посібник. [Текст] / Б. В. Бугаєнко, А. М. Тубальцев, Є. А. Бутурля. – Миколаїв: НУК, 2018. – 135 с.

3. Пахаренко, В. А. Зварювання тиском: Навчальний посібник / В. А. Пахаренко. – Київ: «Екотехнологія», 2011. – 272 с.

Рекомендовані інформаційні джерела

1. Журнал «Автоматичне зварювання». Вид. Міжнародна Асоціація "Зварювання". [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://patonpublishinghouse.com/rus/journals/as> – 18.04.2024. Заголовок з екрану.

2. Журнал «Сварщик». Вид. ІЕЗ ім. Е.О. Патона. Київ. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://welder.stc-paton.com/ru/> – 18.04.2024. Заголовок з екрану.

3. Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua/> – 18.04.2024. Заголовок з екрану.

4. Наукова бібліотека НУ "Запорізька політехніка". [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://library.zntu.edu.ua/> – 18.04.2024. Заголовок з екрану.

5. Кафедра Інтегровані технології зварювання та моделювання конструкцій. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zp.edu.ua/kafedra-integrovanih-tehnologiy-zvaryuvannya-ta-modelyuvannya-konstrukciy> – 18.04.2024. Заголовок з екрану.