

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Запорізький національний технічний університет**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання самостійної роботи  
з дисциплін

«Спеціальні методи зварювання тиском»,  
«Відновлення та зміцнення поверхонь методами зварювання тиском»  
для студентів спеціальності  
131 «Прикладна механіка»  
усіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисциплін «Спеціальні методи зварювання тиском», «Відновлення та зміцнення поверхонь методами зварювання тиском» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання / Укл.: Куликовський Р.А. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 14 с.

Укладач: Куликовський Р.А., канд. техн. наук, доцент;

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

Редактор: І. П. Аверченко

Відповідальний за випуск: Куликовський Р.А.

Затверджено

на засіданні кафедри ОТЗВ

Протокол № 4 від 25.10.2018

Рекомендовано до видання

НМК ІФФ

Протокол № 3 від 20.11.2018

## 1 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Мета викладання дисципліни - формування у студентів базових теоретичних знань та умінь що до використання спеціальних методів зварювання тиском з урахуванням їх технологічних можливостей, фізико-хімічних особливостей сучасних матеріалів деталей та елементів зварних конструкцій.

Завдання викладання дисципліни - опанування студентом системи знань про існуючі спеціальні способи зварювання тиском, їх фізичних основ, технологічних особливостей та галузей використання.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати наступні фахові компетентності:

- здатність використовувати базові уявлення про різноманітність технологічних процесів зварювального виробництва;
- здатність призначати засоби технологічного оснащення;
- здатність використовувати сучасні уявлення про методологію проектування технологічних процесів зварювального виробництва;
- здатність розробляти сучасні технологічні процеси виготовлення зварних конструкцій;
- здатність виконувати техніко-економічне порівняння варіантів технологічних процесів;
- здатність оформляти технологічні документи на процеси складання, зварювання та контролю зварних виробів;
- здатність розробляти технологічні процеси зварювального виробництва інноваційного характеру;
- здатність модернізувати технологічне оснащення для реалізації технологій зварювального виробництва інноваційного характеру.

Очікувані програмні результати навчання:

- використовуючи основні принципи і методи проектування технологічних процесів зварювального виробництва за допомогою довідкової документації, розробляти можливі варіанти технологічних процесів виготовлення зварних конструкцій;
- використовуючи основні принципи і методи проектування технологічних процесів зварювального виробництва за допомогою довідкової документації, призначати засоби технологічного устаткування;

- використовуючи основні принципи і методи проектування технологічних процесів зварювального виробництва за допомогою довідкової літератури, вибирати оптимальний варіант технологічного рішення;

- використовуючи знання з вимог до технологій інноваційного характеру, за допомогою методик проектування технологічних процесів розробляти технології зварювального виробництва інноваційного характеру;

- використовуючи знання з побудови технологічних процесів, за допомогою джерел з науково-технічної інформації визначати можливі шляхи інноваційного характеру для удосконалення технологій зварювального виробництва;

- використовуючи знання з основ наукових досліджень, за допомогою встановлених критеріїв інноваційності приймати науково-технічне рішення з удосконалення технологій зварювального виробництва;

- використовуючи знання з шляхів модернізації технологічного оснащення, за допомогою критеріїв інноваційності науково-технічного рішення, сучасних засобів автоматичного проектування розробляти засоби технологічного оснащення для реалізації технологій інноваційного характеру

- використовуючи знання з теорії проектування технологічного оснащення, за допомогою сучасних засобів автоматичного проектування представляти у графічному вигляді результати проектування технологічного оснащення

- - використовуючи знання з технології зварювання, за допомогою нормативної та технологічної документації, сучасних засобів автоматичного проектування технологічних процесів проектувати технологічний процес виготовлення зварного виробу інноваційного характеру.

Для освоєння даного курсу необхідні знання загальноосвітніх технічних і спеціальних дисциплін: «Вища математика», «Фізика», «Інформатика», «Теорія зварювальних процесів», «Матеріалознавство», «Опір матеріалів», «Технологія та устаткування зварювання тиском», «Контроль якості зварювання», «Виробництво зварних конструкцій», «Проектування обладнання для зварювання», «Зварювальні джерела живлення».

**Очікувані результати навчання з дисципліни.** У результаті

вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

знати:

- фізичні основи спеціальних методів зварювання тиском;
- технології та техніку виконання;
- обладнання та технологічне оснащення;
- галузі використання;
- особливості зварювання різноманітних металів, неметалів

та композиційних матеріалів спеціальними методами зварювання тиском.

вміти:

- обґрунтовано вибирати оптимальний метод зварювання тиском сучасних металевих, неметалевих та різноманітних матеріалів з урахуванням конфігурації зварної конструкції, програми випуску та необхідної якості якісного зварного з'єднання;

- призначати режими зварювання;

- кваліфіковано розробляти технологічний процес, техніку, рекомендації щодо контролю якості з'єднань виконаних спеціальними способами зварювання тиском.

Щоб у повному обсязі опанувати предмет, необхідно досконало вивчити лекційний матеріал, виконати лабораторні роботи, проаналізувати і пояснити їх результати.

При вивченні лекційного матеріалу і самостійній підготовці до лабораторних робіт користуються основною та додатковою літературою.

Додаткова література призначена для більш детального розгляду окремих розділів і питань опанування матеріалу.

Ознайомившись з програмою кожного розділу курсу, необхідно прочитати відповідні літературні джерела, посилання на які наведені в кінці кожного розділу програми.

## **2 РОБОЧА ПРОГРАМА І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИВЧЕННЯ ТЕМ ДИСЦИПЛІНИ**

Кількість годин, що припадає на лекції, лабораторну, індивідуальну та самостійну роботу, наведені в табл. 2.1

Таблиця 2.1

Номера змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	Усьо- го	у тому числі					Усьо- го	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Модуль 1</b>												
Тема 1.	15	2	-	2	3	8	13,5	0,5	-	2	3	8
Тема 2.	13	2	-	-	3	8	11,5	0,5	-	-	3	8
Тема 3.	13	2	-	-	3	8	11,5	0,5	-	-	3	8
Тема 4.	17	2	-	4	3	8	11,5	0,5	-	-	3	8
Тема 5.	17	2	-	4	3	8	11,5	0,5	-	-	3	8
Тема 6.	13	2	-	-	3	8	12,5	0,5			3	9
Тема 7.	13	2		4	3	8	11	-			3	8
Разом модулем 1	за 105	14	-	14	21	56	83	3	-	2	21	57
<b>Модуль 2</b>												
Тема 8.	9	2	-	-	3	4	12,5	0,5	-	-	3	9
Тема 9.	9	2	-	-	3	4	12,5	0,5	-	-	3	9
Тема 10.	9	2	-	-	3	4	11	-		-	3	8
Тема 11.	9	1	-	-	3	5	11	-		-	3	8
Тема 12.	9	1	-	-	3	5	11	-		-	3	8
Тема 13.	9	1	-	-	3	5	11,5	0,5		-	3	8
Тема 14.	9	1	-		3	5	11,5	0,5		-	3	8
Тема 15.	12	4	-		3	5	16	1		-	3	12
Разом модулем 2	за 75	14	-	-	24	37	97	3	-	-	24	70
Усього годин	180	28	-	14	45	93	180	6	-	2	45	127

**Модуль 1****Тема 1. Холодне зварювання**

- фізична природа утворення зварного з'єднання і різновиди холодного зварювання (точкове, шовне і стикове);
- підготовка поверхні до зварювання;
- технологія зварювання точкового, шовного і стикового холодного з'єднань;
- параметри режиму зварювання;
- вимоги до зварювального інструмента;
- устаткування для холодного зварювання;

- дефекти зварних з'єднань;
- галузі використання.

### **Тема 2. Зварювання вибухом**

- фізична сутність зварювання вибухом;
- кінематичні та технологічні параметри;
- технологічні особливості зварювання вибухом;
- особливості зварювання великих заготовок;
- ефективність зварювання вибухом та галузі її застосування.

### **Тема 3. Магнітно-імпульсне зварювання**

- фізична сутність магнітно-імпульсного зварювання;
- технологія магнітно-імпульсного зварювання;
- інструмент та оснащення;
- галузі використання, переваги та недоліки.

### **Тема 4. Ультразвукове зварювання**

- сутність і схема способу;
- технологія ультразвукового зварювання;
- параметри режиму зварювання і їхній вплив на якість зварних з'єднань;
- дефекти при ультразвуковому зварюванні;
- устаткування для ультразвукового зварювання;
- галузі використання.

### **Тема 5. Зварювання тертям**

- сутність і різновиди способу;
- зварюваність металів та сплавів при зварюванні тертям;
- підготовка деталей до зварювання;
- технологія зварювання тертям;
- параметри режиму зварювання;
- основні види дефектів;
- устаткування для зварювання тертям;
- галузі застосування.

### **Тема 6. Зварювання тертям з перемішуванням**

- сутність і різновиди способу;
- технологічні особливості та основні параметри процесу;
- матеріали та конструкції інструменту;
- галузі застосування, основні недоліки та переваги способу.

### **Тема 7. Конденсаторне зварювання**

- сутність та різновиди конденсаторного зварювання;
- основні умови стабільності якості зварних з'єднань;

- особливості процесів точкового, рельєфного та шовного зварювання;
- особливості процесу ударного конденсаторного зварювання.

## **Модуль 2**

### **Тема 8. Високочастотне зварювання**

- сутність і схеми способу;
- особливості нагрівання струмами високої частоти;
- різновиди високочастотного зварювання;
- технологічні особливості високочастотного зварювання;
- параметри режиму зварювання і їх вплив на якість зварних з'єднань;
- обладнання для високочастотного зварювання;
- галузі використання.

### **Тема 9. Термокомпресійне зварювання**

- сутність та схеми способу;
- технологічні режими;
- обладнання для термокомпресійного зварювання.
- галузі використання.

### **Тема 10. Зварювання прокатуванням**

- сутність та схема процесу;
- умови отримання якісних зварних з'єднань;
- технологія гарячого зварювання прокатуванням;
- технологія холодного зварюванням прокатуванням.

### **Тема 11. Пресове зварювання нагріванням деталей дугою, яка обертається в магнітному полі**

- сутність та схема способу;
- технологічні особливості;
- галузі застосування та переваги.

### **Тема 12. Пресове зварювання з примусовим розтягуванням дуги**

- сутність та схема процесу;
- технологічні особливості;
- галузі застосування та переваги.

### **Тема 13. Зварювання через електричні прошарки, що вибухають в вакуумі**

- сутність, призначення та різновиди способу;
- механізм формування з'єднань з використанням електричного вибуху провідника в вакуумі;
- технологічне обладнання.



**Тема 14. Ударне зварювання металів вакуумі**

- сутність та технологічні стадії ударного зварювання в вакуумі;
- дифузійна взаємодія металів при ударному зварюванні в вакуумі;
- структура та властивості з'єднань різнорідних металів отриманих ударним зварюванням в вакуумі.

**Тема 15. Дифузійне зварювання**

- сутність та різновиди способу;
  - методи інтенсифікації процесу дифузійного зварювання;
  - технологія зварювання - підготовка поверхні, параметри режиму зварювання;
  - дефекти зварних з'єднань;
  - технологічні особливості зварювання різних пар матеріалів.
  - устаткування для дифузійного зварювання;
- галузі використання, недоліки і переваги дифузійного зварювання.

**3 ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

При вивченні дисципліни студенти повинні надбати практичні навички. Це відбувається при проведенні лабораторних робіт (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Перелік практичних робіт

№	Найменування роботи	К-сть годин	Графік виконання, тиждень
1	Дослідження впливу головних технологічних параметрів стикового холодного зварювання на якість з'єднань	4	1
2	Дослідження технологічних можливостей машини МСТ-2 для зварювання тертям	4	5
3	Вивчення конструкції, принципу дії та дослідження технологічних можливостей кліщів КТУ-1,5 для ультразвукового зварювання	4	9
4	Вивчення конструкції, принципу дії та дослідження технологічних можливостей машини для конденсаторного точкового зварювання ТКМ-7	4	13

## **4 КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

### **4.1 Методичні вказівки до виконання контрольних завдань**

Після вивчення теоретичного матеріалу в повному обсязі студент пише контрольну роботу з метою закріплення теоретичних знань і самоконтролю по вивченому предмету.

На всі питання слід давати чіткі, вичерпні відповіді згідно з програмою курсу; при необхідності ілюструвати відповіді рисунками, схемами, діаграмами і т.п. До характеристик обладнання відносять його тип і галузі використання, а також техніко-економічні показники. Визначення параметрів режиму повинно бути комплексним і вміщувати розрахунки окремих параметрів та вибір іншої інформації з довідкової літератури.

Перед кожним питанням повинен стояти його номер, а сам текст питання повністю переписаний.

В процесі вивчення даного предмету можна користуватися не тільки рекомендованою літературою, аналізувати інформацію, подану в Інтернеті, сучасних періодичних технічних виданнях тощо.

Контрольне завдання підписує студент.

Заміна питань або варіантів контрольного завдання без дозволу викладача неприпустима.

Контрольна робота повинна бути виконана і надіслана на кафедру для рецензування відповідно з терміном, вказаним в учбовому плані, але не пізніше, як за два тижні до початку заліково-екзаменаційної сесії.

### **4.2 Зміст контрольних завдань**

#### **Варіант 1**

1. Наведіть схему процесу ультразвукового зварювання (УЗЗ). Поясніть його фізичну сутність. Опишіть технологію УЗЗ, наведіть характеристики обладнання для УЗЗ та галузі його використання.

2. Сучасне обладнання для зварювання тертям.

3. Розробіть технологічний процес дифузійного зварювання заготовок із міді М1 та сталі 12Х18Н10Т діаметром 60×60 мм.

**Варіант 2**

1. Наведіть робочу схему процесу холодного (точкового і стикового) зварювання. Поясніть фізичну сутність процесу, опишіть технологічну схему зварювання (точкового і стикового), наведіть, характеристику обладнання для стикового холодного зварювання та галузі його використання.

2. Сучасне обладнання для зварювання труб високочастотним струмом.

3. Розробіть технологічний процес ультразвукового зварювання дротів діаметром  $0,5+0,5$  мм із міді.

**Варіант 3**

1. Наведіть схему і циклограму процесу зварювання тертям. Опишіть технологію і наведіть характеристики обладнання для зварювання тертям. Укажіть галузі його використання.

2. Зварювання вибухом. Особливості фізичних процесів, галузі використання.

3. Розробіть технологічний процес холодного зварювання стисненням алюмінієвої катанки діаметром 12 мм

**Варіант 4-14**

1. Наведіть схему процесу дифузійного зварювання. Поясніть його фізичну сутність, опишіть технологію зварювання, характеристики обладнання і галузі використання обладнання для дифузійного зварювання.

2. Холодне точкове зварювання. Технологічні особливості обладнання.

3. Розробіть технологічний процес зварювання тертям стержнів діаметром 16 мм із сталей 45+ P18 (вар. 4) і сталі 30ХГСА+алюміній з діаметром 10 мм (вар. 14).

**Варіант 5-15**

1. Наведіть схему процесу термокомпресійного зварювання, поясніть його фізичну сутність, технологічні особливості і опишіть характеристики обладнання та галузі його використання.

2. Опишіть конструкції приводів проковування машин для зварювання тертям.

3. Розробіть технологічний процес дифузійного зварювання деталей із сталі 10Х13 зі сталі 45 діаметром  $120 \times 80$  мм (вар.5), або із сталі Ст.3 з міддю  $60 \times 60 \times 60$  мм (вар. 15).

**Варіант 6-16**

1. Методи розрахунків параметрів режиму зварювання тертям.
2. Опишіть конструкції приводів затиснення та кування машин стикового холодного зварювання.
3. Розробіть технологічний процес точкового холодного зварювання мідних стрічок  $1500 \times 200 \times 1$  мм (вар. 6),  $1500 \times 100 \times 2$  (вар. 16).

#### **Варіант 7-17**

1. Фізична природа ультразвукового зварювання металів. Обладнання і галузі його використання.
2. Механізми стиснення деталей в установках для дифузійного зварювання.
3. Опишіть загальну схему технологічного процесу зварювання тертям деталей із однорідних металів (вар. 7), або різнорідних металів (вар. 17).

#### **Варіант 8-18**

1. Опишіть процес інерційного зварювання тертям. Наведіть схеми і головні характеристики обладнання для цього способу зварювання.
2. Сучасне обладнання для ультразвукового зварювання металів.
3. Розробіть технологічний процес холодного шовного зварювання стрічок із алюмінію АД1 розміром  $150 \times 150 \times 1$  мм (вар. 8),  $500 \times 150 \times 0,5$  мм (вар. 18).

#### **Варіант 9-19**

1. Циклограми процесу конвенційного та інерційного зварювання тертям.
2. Сучасне обладнання для дифузійного зварювання.
3. Розробіть технологічний процес ультразвукового зварювання кінців мідної фольги розміром  $100 \times 0,5$  мм (вар.9) і  $50 \times 1$  мм (вар. 19).

#### **Варіант 10-20**

1. Опишіть фізичні процеси дифузійного зварювання.
2. Сучасне обладнання холодного точкового зварювання. Схеми. Головні характеристики.
3. Попереджувальна та кінцева обробки деталей, що зварюють тертям.

#### **Варіант 11**

1. Опишіть фізичні і технологічні особливості зварювання вибухом.
2. Нагрівання деталей при ультразвуковому зварюванні.

3. Технологічні процеси режиму зварювання тертям та їх вплив на якість з'єднань.

### **Варіант 12**

1. Розрахунки енергетичних умов виникнення монолітного з'єднання при зварюванні вибухом.

2. Наведіть схему приводів і гальмових пристроїв машин зварювання тертям.

3. Розробіть технологічний процес холодного точкового зварювання тонких стрічок з листом розміром відповідно 150×1 мм та 150×10 мм.

### **Варіант 13**

1. Опишіть схему процесу зварювання труб струмом високої частоти.

2. Приводи стиснення машин точкового холодного зварювання.

3. Розробіть технологічний процес зварювання тертям труб із низьковуглецевої сталі Ст.3 і високолегованої сталі 06X18H10T діаметром 50×2 мм і довжиною 800 мм.

## **РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

### **Основна**

1. Конюшков Г.В., Мусин Р.А. Специальные методы сварки давлением. Учебное пособие. – Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2009. – 632 с.
2. Квасницький В.В. Спеціальні способи зварювання: Навчальний посібник. - Миколаїв: УДМТУ, 2003. - 437 с.
3. Специальные методы сварки и пайки / Под ред. Фролова В.А. - М.: Интермет Инжиниринг, 2003. – 184 с.
4. Банов М.Д., Масаков В.В., Плюснина Н.П. Специальные способы сварки и резки. – М.: Академия, 2009. – 208 с.
5. Стройман И.М. Холодная сварка металлов. — Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. — 224 с.

### **Додаткова**

1. Дудин А.А. Магнитно-импульсная сварка металлов. – М.:

Металлургия, 1979 – 128 с.

2. Шамов А.Н., Лунин И.В., Иванов В.Н. Высоочастотная сварка металлов. - Л.: Машиностроение, 1977. - 200 с.

3. Холопов Ю.В. Ультразвуковая сварка пластмасс и металлов. – Л.: Машиностроение, 1988. – 244 с.

4. Сварка трением: Справочник / В.К. Лебедев, И.А. Черненко, Р. Михальски и др.; Под общ. ред. В.К. Лебедева, И.А. Черненко, В.И. Вилля. — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. — 236 с.

5. Теория, технология и оборудование диффузионной сварки / В.А. Бачин, В.Ф. Квасницкий, Д.И. Котельников и др.; Под общ. Ред. В.А. Бачина. – М.: Машиностроение, 1991. – 352 с.

6. Люшинский А. В. Диффузионная сварка разнородных материалов: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. — М.: Академия, 2006. – 208 с.

7. Диффузионная сварка материалов: Справочник / Под ред. П.Ф. Казакова. - М.: Машиностроение, 1981. - 271с.

8. Люшинский А.В. Современные технологии сварки. Инженерно-физические основы: Учебное пособие / А.В. Люшинский – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2013. – 240 с.

9. Березиенко В.П., Мельников С.Ф., Фурманов С.М. Технология сварки давлением: учеб. пособие. – Могилев: Беларус. – Рос. ун-т, 2009. – 256 с.

### **Інформаційні ресурси**

1. Журнал «Автоматическая сварка». Вид. ІЕЗ ім. Е.О. Патона. Київ. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://patonpublishinghouse.com/rus/journals/as> – 19.10.2018. Заголовок з екрану.

2. Журнал «Сварщик». Вид. ІЕЗ ім. Е.О. Патона. Київ. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://welder.stc-paton.com/ru/> – 19.10.2018. Заголовок з екрану.

3. Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua/> – 19.10.2018. Заголовок з екрану.

4. Наукова бібліотека ЗНТУ. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://library.zntu.edu.ua/> – 19.10.2018. Заголовок з екрану.