

ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ

КАФЕДРА “Обладнання і технологій зварювального виробництва”

ЗАТВЕРДЖЕНО:

На засіданні Вченої ради

Голова Вченої ради

Ректор ДДМА

В.А.Федорінов

(підпис, ініціали, прізвище)

Протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2012 р.

РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

Теорія процесів зварювання

Для напрямів підготовки (спеціальностей):

6.050504 “Зварювання”

(“Технологія та устаткування зварювання”)

(Денне відділення)

Декан факультету

\_\_\_\_\_  
(назва факультету)

\_\_\_\_\_  
(підпис, ініціали, прізвище)

Програму рекомендовано кафедрою

ОіТЗВ

\_\_\_\_\_  
(назва кафедри)

Протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

(протокол, номер, дата)

Завідувач кафедри ОіТЗВ

\_\_\_\_\_  
(назва кафедри)

Макаренко Н.О.

\_\_\_\_\_  
(підпис, ініціали, прізвище)

Краматорськ, 2012

## І ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Навчальний матеріал, що пропонується цією програмою, має відомості, необхідні студентам для формування знань з термодинаміки та теплових процесів зварювання, а також про явища, що проходять в різних фазах або між ними в процесі зварювання. Підготовку до вивчення цієї дисципліни студенти отримують в рамках дисципліни циклу підготовки бакалавра.

Дисципліна “Теорія процесів зварювання” базується на знаннях та навичках, набутих при вивченні загально-інженерних та професійно-орієнтованих дисциплін. Перелік дисциплін та розділів знаходиться в таблиці 1.1. Знання, що отримані при вивченні дисципліни “Теорія процесів зварювання”, необхідні для засвоєння навчального матеріалу з дисциплін: “Зварювання плавленням”, “Напруження і деформації”, “Зварювання тиском”, “Виготовлення зварних конструкцій”, а також при виконанні дипломного проекту.

Таблиця 1.1 - Взаємозв'язок модулів дисципліни “Теорія процесів зварювання”, з модулями таких, що забезпечують, і забезпечуваних дисциплін.

№ мод	Забезпечується	модулі	Забезпечує	модулі
1	Хімія	1, 2	Технологія і обладнання зварювання плавленням	1 - 2
	Фізика	2	Технологія і обладнання зварювання тиском	1
	Вища математика	1, 2	Напруження і деформації	1
	Металознавство і термічна обробка металів зварних з'єднань	1, 2	Сучасні матеріали і технологічні процеси зміцнення та відновлення	1
			САПР технології зварювання	1
			Наплавлення та напилення	1
			Курсове і дипломне проектування	
2	Фізика	4	Технологія і обладнання зварювання	1
			Наплавлення та напилення	2
			Джерела живлення для зварювання	1
3	Фізика	2	Технологія і обладнання зварювання плавленням	2,3
	Металознавство і термічна обробка зварних з'єднань	1	Паяння металів	1
			Теоретичні основи відновлення та зміцнення сталей	1
			Металургійні основи наплавлення	1

## ІІ РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНОГО ЧАСУ

Розподіл навчальних годин за видами занять приведений і табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Розподіл навчального часу

Форма навчання	триместр	Кредити	Модулі	Всього	Розподіл за триместрами та видами занять						Вид підсумкового контролю
					лекції	лабораторні роботи	практ. заняття	контр. знань	С Р С		
									всього	У тому числі: ІСЗ	
Денна	5	2,5	1	90	18	18		4	50	14	МК
	6	2,5	1	90	27	9	9	6	39	10	іспит
	7	4,5	1	162	60	15	15	6	66	12	іспит
Курсова робота	7	1,0	1	36			15	4	17		диф. залік

### ІІІ МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ

3.1. Мета вивчення дисципліни “Теорія процесів зварювання” полягає в тому, щоб майбутні фахівці набули в систематизованій послідовності знань основ термодинаміки, кінетики процесів, що можливі при зварюванні, основ теплопередачі і розрахунків теплопередачі при зварюванні металоконструкцій та їх охолодженні, уміння творчо підходити до вирішення багатосторонніх задач технологічних процесів зварювання та конструювання зварних виробів. Екологічний технологічний процес та оптимальну зварну конструкцію можна отримати, якщо вміти досить точно визначити заходи утворення тріщин в швах і ЗТВ, передбачити умови зварювання, за яких попереджується утворення пор в металі зварних швів, знижується розчинність газів та утворення неметалевих включень. При вивченні дисципліни “Теорія процесів зварювання” студенти набувають навички вести розрахунки режимів зварювання, площі перетину зварних швів, температурне поле в ЗТВ та інше.

#### 3.2. Завдання дисципліни

Задачею дисципліни являється розвиток знань та навичок використання теоретичних знань, набутих в процесі вивчення попередніх курсів, для широкого впровадження теоретичного аналізу і передбачення в виробничу діяльність. Головною задачею дисципліни є закладення теоретичних основ для подальшого вивчення професійно-спрямованих дисциплін.

Дисципліна “ Теорія процесів зварювання ” викладаються на третьому курсі в сьомому та восьмому триместрах з метою підготовки студентів до вивчення дисциплін: «Напруження і деформації», «Зварювання плавленням», «Зварювання тиском», «Джерела живлення», до виконання курсового та дипломного проектування, а також до практичної діяльності в умовах виробництва.

Вивчення дисципліни передбачає придбання студентами знання:

- основних законів термодинаміки;
- кінетики перебігу фізико-хімічних процесів;
- рівноваги цих процесів в гомогених та гетерогених системах;
- основ теплопередачі, методів рішення загального диференційного рівняння теплопровідності;
- поняття термічного циклу зварювання. Визначення максимальної температури термічного циклу для окремих способів зварювання;
- розрахунку продуктивності розплавлення електроду;
- розрахунку параметрів зони проплавлення;
- розрахунку ефективності проплавлення основного металу;
- розрахунку швидкості охолодження точки зварного з'єднання;
- розрахунку швидкості зварювання різних видів швів.
- заходів зниження токсичності газів, що утворюються при зварюванні;

- заходів по попередженню утворення гарячих та холодних тріщин;
- заходів по попередженню пороутворення при зварюванні;
- методів рафінування металу зварних швів;
- заходів по зменшенню зони термічного впливу, особливо, зони перегрівання металу цієї зони;
- вміння підбирати зварювальні матеріали згідно з матеріалами зварної конструкції.

#### IV ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

##### IV.1 Розподіл навчального часу за темами

Найменування розділів тем	Розподіл за семестрами та видами занять					
	Всього	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні роботи	Контроль знань	СРС
1	2	3	4	5	6	7
<b>Модуль 1</b>	90	18	18		4	50
<b>Розділ 1. Електрична зварювальна дуга</b>		18				50
Тема 1.1. Електрична зварювальна дуга та газове полум'я як джерела теплоти при зварюванні. Нові зварювальні джерела теплоти		2				8
Тема 1.2. Іонізація газів в розрядному проміжку. Емісія електронів із катоду в зварювальній дузі.		2	4			6
Тема 1.3. Вольтамперні характеристики зварювальної дуги.		2	4			6
Тема 1.4. Зварювальна дуга змінного струму.		2	2			8
Тема 1.5. Перенесення металу через дуговий проміжок		4	4			8
Тема 1.6. Фізичні процеси в дуговому розряді. Тепловий баланс енергій в дуговому розряді.		4	4			8
Тема 1.7. Магнітогідродинаміка зварювальної дуги. Контроль знань		2			4	6
<b>Модуль 2</b>	90	27	9	9	6	39
<b>Розділ 2. Розрахунки теплових процесів при зварюванні</b>		19				27
Тема 2.1. Теплові процеси при зварюванні. Закон теплопровідності Фур'є.		2				
Тема 2.2. Диференційне рівняння температуропровідності. Краєві умови.		2				3
Тема 2.3. Схеми тіл, що нагріваються		2				2

при зварюванні. Види зосереджених джерел теплоти.						
Тема 2.4. Зварювальна дуга, як джерело нагрівання. Дія рухливого джерела на напівнескінченне тіло. Рухоме та швидко рухоме джерело теплоти постійної потужності при наплавленні валика на масивне тіло та при зварюванні листів встик з повним проплавленням		2	4			4
Тема 2.5. Термічний цикл. Максимальна температура термічного циклу.		2				4
Тема 2.6. Розрахунок миттєвої та середньої швидкості охолодження металу зварних швів та ЗТВ. Розрахунки критичної швидкості охолодження зварних з'єднань.		2				3
Тема 2.7. Плавлення основного металу при зварюванні. Розрахунки розмірів зварювальної ванни. Теплова ефективність процесу проплавлення.		2	2			4
Тема 2.8. Плавлення електродного металу. Приблизний розрахунок процесу нагрівання електроду струмом.		2				
Тема 2.9. Продуктивність процесу розплавлення і наплавлення. Коефіцієнти розплавлення і наплавлення.		2	3			4
Тема 2.10. Нерівномірність розплавлення електрода. Розрахунки площ наплавлення та проплавлення. Розрахунки швидкості зварювання швів типу I і II.		1				3
<b>Розділ 3. Основні закони термодинаміки</b>		4				6
Тема 3.1. Термодинамічне визначення зварювання. Перший закон термодинаміки. Ентальпія як температурна функція.		2				3
Тема 3.2. Другий закон термодинаміки. Ентропія та її обчислення		2				3
<b>Розділ 4. Кінетика процесів в гомогенних та гетерогенних системах</b>		4				6
Тема 4.1. Рівновага в гомогенних системах. Про можливість досягнення рівноваги при зварюванні. Рівняння ізотермі реакції Вант-Гоффа		2				3
Тема 4.2 Про рухливість рівноваги. Рівновага в гетерогенних системах. Контроль знань		2			6	3
<b>Модуль 3</b>	162	60	15	15	6	66
<b>Розділ 5. Взаємодія газів з металом при зварюванні.</b>		16				22

Тема 5.1. Розчинність газів в металі зварних швів в процесі зварювання. Розчинність атомарного та молекулярного водню.		4				4
Тема 5.2. Розчинність азоту в металах при зварюванні.		2				4
Тема 5.3. Розчинність кисню в металах при зварюванні.		2				4
Тема 5.4. Окислення металу газоподібним киснем.		2				4
Тема 5.5. Розкислювальна здатність легуючих елементів.		4				4
Тема 5.6. Випаровування металів при зварюванні.		2				2
<b>Розділ 6. Кристалізація металу зварювальної ванни</b>		24				24
Тема 6.1. Процеси первинної кристалізації металу. Дефекти первинної кристалізації.		4	3			4
Тема 6.2. Технологічна прочність зварних з'єднань. Гарячі тріщини.		6				6
Тема 6.3. Вторинна кристалізація зварних з'єднань. Дефекти вторинної кристалізації. Холодні тріщини.		6	4			6
Тема 6.4. Вплив термодформаційного циклу зварювання на структуру та властивості металу в зварних з'єднаннях.		8				8
<b>Розділ 7. Зварювальні шлаки. Їх взаємодія з металом зварювальної ванни</b>		20				20
Тема 7.1. Зварювальні шлаки. Їх функції, властивості, структура і взаємодія з металом зварювальної ванни і швів.		4	4			4
Тема 7.2. Фізичні властивості зварювальних шлаків		4				4
Тема 7.3. Склад зварювальних шлаків. Взаємодія металу і шлаку при зварюванні		4				4
Тема 7.4. Рафінування металу зварювальних швів.		4				4
Тема 7.5. Легування металу зварювальних швів		4	4			4
Контроль знань					6	
<b>ВСЬОГО</b>	342	105	42	24	16	155

## IV.2 Лекції

### Модуль 1

#### Розділ 1. Електрична зварювальна дуга

### **Тема 1.1. Електрична зварювальна дуга та газове полум'я як джерела теплоти при зварюванні. Нові зварювальні джерела теплоти**

Лекція 1. Електрична зварювальна дуга та газове полум'я як джерела теплоти при зварюванні. Природа теплоти, її концентрації, вплив останньої на ЗТВ. Нові зварювальні джерела теплоти: електронний промінь, плазмовий струмінь, електрошлакове джерело теплоти, зварювання тертям. Порівняльні характеристики різних джерел теплоти.

Література [1, 2, 3].

Завдання на СРС: Порівняльні характеристики різних джерел теплоти.

### **Тема 1.2. Іонізація газів в розрядному проміжку. Емісія електронів із катоду в зварювальній дузі.**

Лекція 2. Іонізація газів в розрядному проміжку. Рівняння Сага та В.В. Фролова для чистого газу та суміші. Методи іонізації газів в розрядному проміжку. Емісія електронів із катоду в зварювальній дузі. Термоелектронна та автоелектронна емісії.

Література [1, 2, 3, 6, 7].

Завдання на СРС: Термоелектронна та автоелектронна емісії.

### **Тема 1.3. Вольтамперні характеристики зварювальної дуги.**

Лекція 3. Вольтамперні характеристики зварювальної дуги.

Література [1, 2, 3, 7].

Завдання на СРС: Дуга на форсованому режимі. Стиснута зварювальна дуга, або плазмова дуга.

### **Тема 1.4. Зварювальна дуга змінного струму.**

Лекція 4. Зварювальна дуга змінного струму. Методи підвищення стабільності дугового розряду при зварюванні на змінному струмі.

Література [1, 2, 3, 7].

Завдання на СРС: Теплова ефективність дуги змінного струму.

### **Тема 1.5. Перенесення металу через дуговий проміжок**

Лекція 5. Перенесення металу через дуговий проміжок Сили, що діють на краплю електродного металу, що висить на торці електроду.

Література [2, 4, 7, 8].

Лекція 6. Вплив режимів зварювання і середовища, в якому відбувається електричний розряд, на перенесення електродного металу через дуговий проміжок. Методи керування перенесенням металу.

Література [2, 4, 7, 8].

Завдання на СРС: Методи керування перенесенням металу.

### **Тема 1.6. Фізичні процеси в дуговому розряді. Тепловий баланс енергій в дуговому розряді.**

Лекція 7. Фізичні процеси в дуговому розряді. Процеси в катодній області.

Література [1, 3, 7].

Лекція 8. Процеси в стовпі дуги. Процеси в анодній області. Тепловий баланс енергій в дуговому розряді при зварюванні.

Література [1, 3, 7].

Завдання на СРС: Праця над конспектом.

### **Тема 1.7. Магнітогідродинаміка зварювальної дуги.**

Лекція 9. Магнітогідродинаміка зварювальної дуги. Вплив магнітних полів та феромагнітних мас на зварювальну дугу.

Література [1, 3].

Завдання на СРС: Дуга яка обертається.

## **Модуль 2**

### **Розділ 2. Розрахунки теплових процесів при зварюванні**

#### **Тема 2.1. Теплові процеси при зварюванні. Закон теплопровідності Фур'є.**

Лекція 10. Поняття температурного поля. Градієнт температур. Закон теплопровідності Фур'є. Теплообмін з поверхні тіл. Конвективний і теплообмін. Коефіцієнт теплопровідності. Його залежність від природи матеріалу і температури.

Література [1, 2, 3, 5].

Завдання на СРС. Теплофізичні властивості металу. Метод джерел і його використання для розрахунків теплових полів окремих випадків зварювання.

#### **Тема 2.2. Диференційне рівняння температуропровідності. Краєві умови.**

Лекція 11. Загальне диференціальне рівняння теплопровідності. Краєві та початкові умови для його рішення при зварюванні.

Література [1, 2, 3, 5].

Завдання на СРС. Методи рішення загального диференціального рівняння теплопровідності.

#### **Тема 2.3. Схеми тіл, що нагріваються при зварюванні. Види зосереджених джерел теплоти.**

Лекція 12. Схеми тіл, що нагріваються. Зосереджені миттєві джерела теплоти. Точкове миттєве зосереджене джерело нагрівання. Лінійне миттєве зосереджене джерело нагрівання. Плоске миттєве зосереджене джерело нагрівання. Розрахунок межевої температури при використанні таких джерел. Принцип накладення температур. Вплив режимів зварювання і теплофізичних властивостей матеріалів на розподіл температур. Схеми зварювальних процесів. Етапи теплопередавання.

Література [1, 2, 3].

Завдання на СРС. Розрахункові схеми зварювальних процесів.

#### **Тема 2.4. Зварювальна дуга, як джерело нагрівання. Дія рухливого джерела на напівнескінченне тіло. Рухоме та швидко рухоме джерело теплоти постійної потужності при наплавленні валика на масивне тіло та при зварюванні листів встик з повним проплавленням**

Лекція 13. Теплові властивості зварювальної дуги. Дія рухливого джерела на напівнескінченне тіло. Розрахунок граничної температури при автоматичному наплавленні валика на масивне тіло. Розрахунок граничної температури при автоматичному зварюванні листів встик з повним проплавленням.

Література [1, 2, 3].

Завдання на СРС. Нагрів тіл обертання. Теплові процеси при точечному зварюванні.

#### **Тема 2.5. Термічний цикл. Максимальна температура термічного циклу.**

Лекція 14. Термічний цикл. Максимальна температура термічного циклу. Розрахунок максимальної температури термічного циклу при автоматичному наплавленні валика на масивне тіло. Розрахунок максимальної температури термічного циклу при автоматичному зварюванні листів встик.



Література [1, 2, 3].

Завдання на СРС. Термічний цикл при багатошаровому зварюванні. Регулювання термічного циклу зварювання при однопрохідному зварюванні.

**Тема 2.6. Розрахунок миттєвої та середньої швидкості охолодження металу зварних швів та ЗТВ. Розрахунки критичної швидкості охолодження зварних з'єднань.**

Лекція 15. Обґрунтування поняття та розрахунки миттєвої швидкості охолодження металу зварних швів та ЗТВ. Розрахунок миттєвої й середньої швидкості охолодження при автоматичному наплавленні валика на масивне тіло. Розрахунок миттєвої і середньої швидкості охолодження при автоматичному зварюванні аркушів встик з повним проплавленням. Розрахунки критичної швидкості охолодження металу зварних з'єднань. Критична швидкість охолодження при безперервному охолодженні при зварюванні.

Література [1, 2, 3].

Завдання на СРС. Схема розрахунку швидкості охолодження при зварюванні металу товщиною від 10 до 25 мм. Визначення критичної швидкості охолодження на основі експериментальних даних.

**Тема 2.7. Плавлення основного металу при зварюванні. Розрахунки розмірів зварювальної ванни. Теплова ефективність процесу проплавлення.**

Лекція 16. Плавлення основного металу при зварюванні. Розрахунки параметрів зварювальної ванни при автоматичному наплавленні валика на масивне тіло та автоматичному зварюванні листів встик з повним їх проплавленням. Розрахунок довжини зварювальної ванни. Ефективність процесу проплавлення. Визначення ККД процесу проплавлення. Визначення площі проплавлення.

Література [1, 2, 3].

Завдання на СРС. Розрахунки параметрів зварювальної ванни при електронно-випромінювальному і електрошлаковому зварюванні.

**Тема 2.8. Плавлення електродного металу. Приблизний розрахунок процесу нагрівання електроду струмом.**

Лекція 17. Плавлення електродного металу. Диференціальне рівняння нагрівання електрода зварювальною дугою при РДЗ. Нагрівання електрода струмом при автоматичному й напівавтоматичному зварюванні.

Література [1, 2, 3].

Завдання на СРС. Приближений метод розрахунку процесу нагрівання електрода струмом.

**Тема 2.9. Продуктивність процесу розплавлення і наплавлення. Коефіцієнти розплавлення і наплавлення.**

Лекція 18. Продуктивність процесу розплавлення і наплавлення. Коефіцієнти розплавлення і наплавлення. Коефіцієнт загальних втрат електродного металу.

Література [1, 2, 3].

Завдання на СРС: Праця над конспектом.

**Тема 2.10. Нерівномірність розплавлення електрода. Розрахунки площ наплавлення та проплавлення. Розрахунки швидкості зварювання швів типу I і II.**

Лекція 19. Нерівномірність розплавлення електрода. Розрахунки площ наплавлення та проплавлення основного металу. Види зварних швів. Розрахунки швидкості зварювання швів типу I і II. – 1 година.

Література [1, 3-5].

Завдання на СРС. Особливості нагрівання і охолодження металу при деяких видах зварювання.

### **Розділ 3. Основні закони термодинаміки**

#### **Тема 3.1. Термодинамічне визначення зварювання. Перший закон термодинаміки. Ентальпія як температурна функція.**

Лекція 20. Термодинамічне визначення зварювання та споріднених технологій. Перший закон термодинаміки. Його поняття, обчислення та використання. Ізохоричні і ізобаричні процеси. Ентальпія як температурна функція. Закон Гесса.

Література [1, 2, 3].

Завдання на СРС. Термодинамічна класифікація способів зварювання. Оцінка енергетичної ефективності та вимог для джерел енергії для зварювання

#### **Тема 3.2. Другий закон термодинаміки. Ентропія та її обчислення**

Лекція 21. Другий закон термодинаміки. Ентропія та її обчислення. Термодинамічні потенціали. Залежність енергії Гіббса від температури.

Література [1, 2, 3].

Завдання на СРС. Максимальна робота процесу.

### **Розділ 4. Кінетика процесів в гетерогенних та гомогенних системах.**

#### **Тема 4.1. Рівновага в гомогенних системах. Про можливість досягнення рівноваги при зварюванні. Рівняння ізотерми реакції Вант -Гоффа**

Лекція 22. Рівновага фізико – хімічних систем. Визначення рівноваги в гомогенних системах, розрахунки постійної рівноваги. Рівняння ізотерми реакції.

Література [1, 2, 3, 7].

Завдання на СРС. Розрахунки постійної рівноваги в газових та рідинних середовищах. Вплив температури і концентрації реагуючих речовин на швидкість хімічних реакцій.

#### **Тема 4.2 Про рухливість рівноваги. Рівновага в гетерогенних системах.**

Лекція 23. Рівновага в гетерогенних системах. Про досягнення рівноваги при зварюванні. Принцип рухливості рівноваги. Визначені закономірності розрахунків постійної рівноваги в однорідному та багатоазному середовищі.

Література [1, 2, 3, 7].

Завдання на СРС. Ступень повноти реакції і склад рівноважної суміші. Вплив на рівновагу активності оксидів та їх летучості.

### **Модуль 3**

### **Розділ 5. Взаємодія газів з металом при зварюванні**

#### **Тема 5.1. Розчинність газів в металі зварних швів в процесі зварювання. Розчинність атомарного та молекулярного водню.**

Лекція 24. Розчинність газів в металі зварних швів в процесі зварювання. Розчинність атомарного водню.

Література [1, 3, 6, 7].

Лекція 25. Розчинність молекулярного водню. Вплив водню на властивості металу зварних швів.

Література [1, 3, 6, 7].

Завдання на СРС: Вплив водню на властивості металу зварних швів.

## **Тема 5.2. Розчинність азоту в металах при зварюванні.**

Лекція 26. Розчинність азоту в металі зварних швів в процесі зварювання. Вплив азоту на властивості металу зварних швів. Денітрація металу зварних швів в процесі зварювання.

Література [1, 2].

Завдання на СРС: Шляхи насичення металу азотом.

## **Тема 5.3. Розчинність кисню в металах при зварюванні.**

Лекція 27. Джерела кисню при зварюванні. Розчинність кисню в металах при зварюванні. Вплив кисню на властивості металів зварних швів.

Література [2, 3, 6].

Завдання на СРС: Вплив кисню на властивості металів зварних швів.

## **Тема 5.4. Окислення металу газоподібним киснем.**

Лекція 28. Окислення металу газоподібним киснем. Пружність дісоціації оксидів чистих металів та в розчинах.

Література [1, 2, 3, 7].

Завдання на СРС: праця над конспектом.

## **Тема 5.5. Розкислювальна здатність легуючих елементів.**

Лекція 29. Розкислювальна здатність легуючих елементів. Графіки В.І.Дятлова для оцінки розкислювальної здатності елементів при зварюванні сталей. Розкислення з отриманням кондинсованих продуктів реакції.

Література [1, 2, 8].

Лекція 30. Розкислення з отриманням газообразних продуктів реакції. Дифузійне розкислення.

Література [1, 2, 8].

Завдання на СРС: Розкислення металу за допомогою кислих та основних шлаків.

## **Тема 5.6. Випаровування металів при зварюванні.**

Лекція 31. Випаровування металів при зварюванні. Пружність пару чистого металу та металу в розчині.

Література [1, 2, 3, 7].

Завдання на СРС: Розрахунок хімічного складу розчину по відомих пружностях чистих металів.

## **Розділ 6. Кристалізація металу зварювальної ванни.**

### **Тема 6.1. Процеси первинної кристалізації металу. Дефекти первинної кристалізації.**

Лекція 32. Первинна кристалізація металу зварювальної ванни. Геометричне представлення первинної кристалізації металу зварювальної ванни. Методи регулювання первинної кристалізації зварних швів.

Література [2, 8].

Завдання на СРС: Кристалізація металу зварювальних ван типів I і II.

Лекція 33. Теорія утворення пор при зварюванні. Методи попередження пор при зварюванні. Механізм та стадії утворення пор при зварюванні. Шлакові включення в металі швів. Ліквідація в металі швів.

Література [2, 3, 7, 9].

Завдання на СРС: Воднева пористість. Зональна ліквіація.

### **Тема 6.2. Технологічна прочність зварних з'єднань. Гарячі тріщини.**

Лекція 34. Поняття технологічної та експлуатаційної міцності. Теорія утворення гарячих тріщин. Механізм їх утворення. Види гарячих тріщин.

Література [1, 2, 8].

Завдання на СРС: Поняття температурного інтервалу крихкості.

Лекція 35. Методи попередження гарячих тріщин. Вплив основного та електродного металу на схильність до гарячих тріщин. Вплив форми конструкції на утворення гарячих тріщин.

Література [2, 8].

Завдання на СРС: Вплив хімічних елементів на технологічну міцність наплавленого металу.

Лекція 36. Методи дослідження зварювальних матеріалів і технології зварювання на чутливість металу зварних з'єднань до утворення гарячих тріщин. Технологічні проби для оцінки чутливості металу зварних з'єднань до утворення гарячих тріщин.

Література [2, 8].

### **Тема 6.3. Вторинна кристалізація зварних з'єднань. Дефекти вторинної кристалізації. Холодні тріщини.**

Лекція 37. Вторинна кристалізація. Перетворення в шві і основному металі при охолодженні.

Література [2, 3, 7, 9].

Завдання на СРС: Способи регулювання структури зварних з'єднань.

Лекція 38. Теорія утворення холодних тріщин. Методи попередження холодних тріщин при зварюванні.

Література [2, 3, 7, 9].

Завдання на СРС: Шляхи підвищення технологічної міцності зварних з'єднань.

Лекція 39. Методи дослідження чутливості зварювальних матеріалів і технологій зварювання на утворення холодних тріщин. Кількісні методи оцінки. Технологічні проби для оцінки чутливості утворення холодних тріщин. Хрупке руйнування металу зварних з'єднань.

Література [2, 3, 7, 9].

Завдання на СРС: Тріщини повторного нагрівання.

### **Тема 6.4. Вплив термодформаційного циклу зварювання на структуру та властивості металу в зварних з'єднаннях.**

Лекція 40. Поняття о термодформаційном циклі при зварюванні. Методи визначення зварювальних деформацій і напруг.

Література [1, 2, 3].

Завдання на СРС: Остаточні напруження в електрошлакових зварних з'єднаннях.

Лекція 41. Вплив режимів зварювання на метал шва і навколошовної зони. Метал шва і навколошовна зона при зварюванні низьковуглецевої сталі.

Література [1, 2, 3].

Лекція 42. Властивості металу шва і зони термічного впливу при зварюванні низьколегованих сталей, що гартуються.

Література [1, 2, 3].

Лекція 43. Зварний шов і зона термічного впливу при зварюванні чавуна

Література [1, 2, 3].

Завдання на СРС: праця над конспектом.

## **Розділ 7. Зварювальні шлаки. Їх взаємодія з металом зварювальної ванни**

### **Тема 7.1. Зварювальні шлаки. Їх функції, властивості, структура і взаємодія з металом зварювальної ванни і швів.**

Лекція 44. Зварювальні шлаки. Теорії будови шлаків. Їх функції, структура і взаємодія з металом зварювальної ванни і швів.

Література [2, 3, 7].

Завдання на СРС: Класифікація шлаків.

Лекція 45. Методи дослідження властивостей шлаків: температури плавлення, в'язкості, густини, нагрівальної здатності, здатності відокремлюватись та інших.

Література [2, 3, 7].

### **Тема 7.2. Фізичні властивості зварювальних шлаків**

Лекція 46. Фізичні властивості зварювальних шлаків. Температура плавлення зварювальних шлаків. Щільність шлаку.

Література [2, 3, 7].

Праця над конспектом.

Лекція 47. Фізичні властивості зварювальних шлаків. В'язкість зварювальних шлаків. Віддільність шлаку.

Література [2, 3, 7].

Завдання на СРС: Методи оцінки віддільності шлакової корки.

### **Тема 7.3. Склад зварювальних шлаків. Взаємодія металу і шлаку при зварюванні**

Лекція 48. Склад зварювальних шлаків. Головні компоненти шлакових систем.

Література [1, 2, 3].

Завдання на СРС: Праця над конспектом.

Лекція 49. Хімічна взаємодія металів зварних швів і зварювальних шлаків при різних способах зварювання. Окислювально-відновлювальні процеси на границі розділу метал – шлак.

Література [1, 2, 3].

Завдання на СРС: Розподілення марганцю і кремнія між шлаком і металом.

### **Тема 7.4. Рафінування металу зварних швів.**

Лекція 50. Рафінування металу зварних швів на сірку через зварювальні шлаки. Джерела надходження сірки.

Література [2, 3, 7].

Завдання на СРС: Особливості умов десульфурзації в процесі зварювання.

Лекція 51. Рафінування металу зварних швів на фосфор через зварювальні шлаки. Джерела надходження фосфору. Фактори які впливають на повноту видалення фосфору.

Література [2, 3, 7].

Завдання на СРС: Вплив фосфору на властивості шва.

### **Тема 7.5. Легування металу зварювальних швів**

Лекція 52. Методи легування металу зварних швів. Вплив легуючих елементів на структуру сталей.

Література [1, 2, 6].

Завдання на СРС: Праця над конспектом.

Лекція 53. Коефіцієнт переходу хімічних елементів. Фактори, які впливають на величину коефіцієнта переходу. Визначення коефіцієнтів переходу хімічних елементів в метал зварних швів при різних способах зварювання.

Література [1, 2, 6].

Завдання на СРС: Легування металу через газову фазу.

### **IV.3 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ**

#### **Модуль 1, 2**

Практичне заняття 1. Розрахунки ступені дисоціації молекулярних газів за рівняннями Сага і В.В.Фролова. Розрахунки термо і автоелектроної емісії. Побудова вольт-амперних характеристик зварювальної дуги.

Практичне заняття 2. Розрахунки сил, які діють на краплю рідкого електродного металу, що висить на торці електроду.

Практичне заняття 3. Розрахунок середньої швидкості охолодження точок зварного з'єднання при зварюванні гартівних сталей.

Практичне заняття 4. Розрахунки критичної швидкості охолодження точки зварного з'єднання при зварюванні гартівних сталей.

Практичне заняття 5. Визначення складових структури гартівних сталей по величині критичної швидкості охолодження.

#### **Модуль 3**

Практичне заняття 6. Розрахунки рівноважної розчинності газів в залежності від температури.

Практичне заняття 7. Розрахунки хімічного складу металу швів з урахуванням випаровування його складових частин при зварюванні.

Практичне заняття 8. Розрахунки розкислювальної здатності хімічних елементів.

Практичне заняття 9. Розрахунки пружності дисоціації оксидів, що знаходяться в розчині.

Практичне заняття 10. Розрахунки швидкості кристалізації різних точок металу зварних швів. Розрахунки схильності металу шва до утворення гарячих тріщин.

Практичне заняття 11. Розрахунок стійкості до утворення гарячих та холодних тріщин.

Практичне заняття 12. Розрахунки хімічного складу металу шва з урахуванням окислювально-відновчих процесів, що відбуваються між шлаком з металом на різних стадіях процесу зварювання.

### **IV.4. ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ**

Мета лабораторного практикуму - закріпити та поглибити теоретичні знання студентів, набуті при вивченні дисципліни “Теорія процесів зварювання” в галузі розрахунків та досліджень основ теплопередачі в зварних конструкціях в різних умовах зварювання та різних режимах, надати навички практичного дослідження процесів, що відбуваються в зоні розплавлення електроду, а також в зварювальній ванні, ЗТВ та інше..

#### **Модуль 1**

Лабораторна робота №1. Джерела енергії при зварюванні. Електрична зварювальна дуга – 4 години.

Лабораторна робота №2. Дослідження дугового розряду змінного струму – 2 години

Лабораторна робота №3. Дослідження дугового розряду постійного струму – 4 години.

Лабораторна робота №4. Дослідження еластичності дугового розряду – 4 години.

Лабораторна робота №5. Дослідження перенесення електродного металу – 4 години.

## **Модуль 2**

Лабораторна робота №6. Дослідження теплових характеристик зварювальної дуги – 4 години.

Лабораторна робота №7. Дослідження проплавлення металу при дуговому зварюванні – 2 години.

Лабораторна робота №8. Дослідження продуктивності процесу нагрівання та плавлення електроду при дуговому зварюванні. – 3 години.

## **Модуль 3**

Лабораторна робота №9. Дослідження стійкості сталі до виникнення холодних тріщин – 4 години.

Лабораторна робота №10. Дослідження причин утворення пор при автоматичному зварюванні під флюсом – 3 години.

Лабораторна робота №11. Дослідження зварювально-технологічних властивостей зварювальних шлаків – 4 години.

Лабораторна робота №12. Вплив легуючих елементів на механічні характеристики шва – 4 години.

## **IV.5. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

Мета індивідуального завдання полягає в поглибленні, узагальненні та закріпленні знань, які студенти одержали в процесі навчання, а також вміння використовувати їх на практиці.

Для самостійного вивчення пропонується:

По розділу 1. Провести схематизацію окремих способів зварювання.

По розділу 2. Визначення енергій Гіббса і Гельмгольца для реакцій згідно з методичними вказівками для виконання індивідуальних завдань.

Провести розрахунки миттєвої середньої та критичної швидкості охолодження точки зварного з'єднання для конкретних умов зварювання та охолодження.

Провести розрахунки швидкості зварювання різних типів швів.

По розділу 3. Розрахувати напрямок перебігу реакцій в заданих умовах.

По розділу 4. Розрахувати постійні рівноваги, що протікають в різних фазах і умовах.

Обґрунтувати рухомість рівноваги на прикладі дисоціації одноатомного та двоатомного газів. Вплив каталізаторів на рівновагу фізико-хімічних процесів і на повноту їх перебігу.

По розділу 5. Розрахувати хімічний склад розчину по відомих пружностях чистих металів.

По розділу 6. Розрахунки межової температури для ручного дугового зварювання листів встик з повним проплавленням.

По розділу 7. Сумісний аналіз основностей зварювальних шлаків, одержаних розразуновим шляхом по різних формулах.

## **IV.6. КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ**

Мета контрольних робіт – перевірення підготовки студентів з певних розділів робочої навчальної програми.

Контрольні роботи №1, 2, 3 виконуються після вивчення відповідних розділів програми (дивись тематичний план).

Контрольні завдання на кожну контрольну роботу наведені в додатку 1.

Критерії оцінювання з дисципліни "Теорія процесів зварювання" наведені в додатку 5.

## **V. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

При вивченні даної навчальної дисципліни необхідно звернути увагу на інженерний підхід до рішення розрахункових задач та розуміння механізмів виникнення явищ. Необхідною

умовою успішного вирішення питання є використання законів кінетики процесів для розрахунку окремих задач щодо перебігу реакцій, а також теплопередач, детальний аналіз елементів явищ, вплив напружень, навантажень, чистоти металу, температури та інш.

Наочність навчальних занять повинна забезпечуватись роздатковим та ілюстративним матеріалами.

Перспективним є використання комп'ютерної техніки при викладанні окремих розділів програми.

Для контролю поточної успішності студентів та сприяння їх ритмічної роботи на протязі семестру пропонується дотримуватись наступного триместрового графіку, який знаходиться в додатку.

Оцінювання знань студентів проводиться за рейтинговою стобальною системою. Ці бали набираються студентом у ході здачі обов'язкових та додаткових контрольних заходів. Для отримання допуску до іспиту студент повинен набрати не менше 55 балів.

## **VI. НАВЧАЛЬНО – МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ**

### **Основна література**

1. Теория сварочных процессов / Под ред. В.В.Фролова, М.: Машиностроение, 1988. – 559 с.
2. Багрянский К.В., Добротина З.А., Хренов К.К. Теория сварочных процессов. - К.: Вища школа, 1976. – 424 с.
3. Петров Г.Л., Тумарев А.С. Теория сварочных процессов. - М.: Высш.школа, 1977. – 392 с.
4. Рыкалин Н.Н. Расчет тепловых процессов при сварке. – М.: Машгиз, 1954. – 296 с.
5. Исаев С.И. Термодинамика. Учебн. для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2000. – 416 с.
6. Прохоров Н.Н. Физические процессы в металлах при сварке. Т.1. Элементы физики металлов и процессы кристаллизации. Изд-во «Металлургия», М.:1968. – 695 с.
7. Лившиц М.Г., Богуцкий А.А. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Теория сварочных процессов» - Краматорск: КИИ, 1987. – Ч.1.-Ч.3 – 52 с
8. Лившиц М.Г., Богуцкий А.А. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Теория сварочных процессов» - Краматорск: КИИ, 1987. – Ч.2. – 36 с
9. Богуцкий А.А. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Теория сварочных процессов» - Краматорск: ДГМА, 2003.– 60 с
10. Богуцкий А.А. Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Теория сварочных процессов» - Краматорск: ДГМА, 2003.– 24 с.
11. Богуцкий А.А. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Теорія зварювальних процесів» - Краматорськ: ДДМА, 2001.– 24 с.
12. Богуцкий А.А. Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Теория сварочных процессов» - Краматорск: ДГМА, 2003.– 24 с.
13. Карпенко В.М., Богуцкий А.А. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни «Теорія зварювальних процесів» - Краматорськ: ДДМА, 2002.– 32 с.

### **Додаткова література**

1. Афанасьев В.Н., Исаев С.И., Котиков Н.А.. Задачник по технической термодинамике и теории тепломассообмена. – М.: Высш.школа, 1986. –324 с.
2. Карапетьянц М.Х. Примеры и задачи по химической термодинамике. – М.: Химия, 1974. –301 с.
3. Махненко В.И. Тепловые процессы при сварке // Сварка в СССР. Гл.2. С. 27...44. – М.: Наука, 1981. Т.2. – 494 с.



4. Лабораторные работы по сварке / Под ред. Проф. Г.А. Николаева. – М.: Высш. школа, 1971. – 320 с.
5. Меджибожский М.Я. Основы термодинамики и кинетики сталеплавильных процессов. – Киев-Донецк.: Вища школа, 1979. – 280 с.
6. Волченко В.Н. Источники энергии сварочных процессов. – М.: Машиностроение, 1971. – 75 с.

Робочу навчальну програму розробили

доцент кафедри зварювального виробництва

Богущкий О.А.

старший викладач кафедри зварювального виробництва

С.В. Жаріков.

### **Контрольні завдання на контрольну роботу №1 по розділу 1:**

#### **Варіант 1**

1. Іонізація ідеальних газів. Потенціал іонізації. Методи іонізації. Рівняння Саха. Іонізація сумішів газів.

2. Фізичні процеси в катодній та анодній областях.

#### **Варіант 2**

1. Вплив магнітних полів на дугу.

2. Сили, що діють на краплю електродного металу, яка висить на торці електроду.

#### **Варіант 3**

1. Зварювання на перемінному струмі. Методи стабілізації дуги на перемінному струмі.

2. Емісія електронів з катоду. Термоелектронна та автоелектронна емісія.

#### **Варіант 4**

1. Фізичні процеси в розрядному проміжку зварювальної дуги. Тепловий баланс дуги.

2. Методи регулювання перенесенням крапель електродного металу через розрядний проміжок.

#### **Варіант 5**

1. Вольтамперні характеристики зварювальної дуги.

2. Вплив режимів зварювання на перенос електродного металу.

### **Контрольні завдання на контрольну роботу №2 по розділам 2, 3, та 4:**

#### **Варіант 1**

1. Розрахунок зони проплавлення основного металу. Розрахунок довжини зварювальної ванни при автоматичному наплавленні валика на масивне тіло і автоматичному зварюванні листів встик

2. Перший початок термодинаміки. Внутрішня енергія.

#### **Варіант 2**

1. Термічний цикл. Розрахунок максимальної температури термічного циклу при автоматичному наплавленні валика на масивне тіло і автоматичному зварюванні листів встик.

2. Другий закон термодинаміки. Ентропія.

#### **Варіант 3**

1. Розрахунок миттєвої й середньої швидкості охолодження металу зварних швів.

2. Рівновага в гетерогенних системах.

#### **Варіант 4**

1. Схеми тіл, які нагріваються. Схеми джерел нагрівання.

2. Рівновага фізико - хімічних систем. Рівновага в гомогенній системі.

#### **Варіант 5**

1. Продуктивність процесу розплавлення і наплавлення. Коефіцієнти розплавлення і наплавлення.

2. Хімічна спорідненість компонентів реакції. Залежність енергії Гіббса від температури.

#### **Варіант 6**

1. Ефективність процесу проплавлення. Визначення термічного ККД зварювання

2. Ізохоричні та ізобаричні процеси. Ентальпія.

#### **Варіант 7**

1. Дія рухливого джерела на напівнескінченне тіло. Розрахунок граничної температури при автоматичному наплавленні валика на масивне тіло і автоматичному зварюванню листів встик з повним проплавленням.

2. Термодинамічні потенціали. Енергія Гіббса і Гельм-Гольца.

### **Контрольні завдання на контрольну роботу №3 по розділам 5, 6 та 7:**

#### **Варіант 1**

1. Теорія утворення гарячих тріщин. Кристалізаційні та полігонізаційні гарячі тріщини. Механізм їх утворення.
2. Рафінування металу зварних швів зварювальними шлаками.

#### **Варіант 2**

1. Розчинність водню в металі зварних швів.
2. Фізичні властивості зварювальних шлаків.

#### **Варіант 3**

1. Розчинність кисню в металах при зварюванні. Вплив концентрації розчиненого кисню на властивості металів.
2. Склад зварювальних шлаків. Взаємодія металу і шлаку при зварюванні

#### **Варіант 4**

1. Окислення металу газоподібним киснем. Пружність дисоціації оксидів металів.
2. Легування металу зварних швів.

#### **Варіант 5**

1. Теорія утворення пор при зварюванні. Етапи пороутворення. Механізм утворення пор. Методи попередження пор при зварюванні.
2. Зварювальні шлаки. Їх функції, властивості, структура і взаємодія з металом зварювальної ванни і швів.

#### **Варіант 6**

1. Розчинність азоту в металі зварних швів. Вплив концентрації розчиненого азоту на властивості металів.
2. Методи попередження утворення гарячих тріщин. Вплив окремих елементів на утворення гарячих тріщин.

#### **Варіант 7**

1. Розкислювальна здатність легуючих елементів.
2. Теорія утворення холодних тріщин. Механізм утворення холодних тріщин. Методи попередження холодних тріщин.

**Склад модулів дисципліни „Теорія процесів зварювання”, розподіл часу на їх засвоєння, терміни контролю**

№ п/п	Стислий зміст модуля	Триместр	Загальна кількість годин	Кредити ECTS	Кількість ауд. годин	Форми та методи контролю	Тиждень проведення
1.	Електрична зварювальна дуга. Фізичні процеси в дуговому розряді.	5	90	2,5	40	Захист лабораторної роботи №1 Захист лабораторної роботи №2 Захист лабораторної роботи №3 Захист лабораторної роботи №4 Захист лабораторної роботи №5 Контрольна робота №1	2 3 5 7 9 9
2.	Основи теплових розрахунків при зварюванні. Розрахунки теплових процесів при зварюванні. Основні закони термодинаміки. Кінетика процесів в гомогенних та гетерогенних системах.	6	90	2,5	51	Захист лабораторної роботи №6 Захист лабораторної роботи №7 Захист лабораторної роботи №8 Практичні заняття Контрольна робота №2	4 6 8 9 9
3.	Взаємодія газів з металом при зварюванні. Кристалізація металу зварювальної ванни. Зварювальні шлаки. Їх взаємодія з металом зварювальної ванни	7	162	4,5	96	Захист лабораторної роботи №9 Захист лабораторної роботи №10 Захист лабораторної роботи №11 Захист лабораторної роботи №12 Практичні заняття Контрольна робота №3	3 7 11 15 14 15
4	Курсова робота	7	36	1,0	19		14
	Всього за модуль		378	10,5	206		

Індивідуальний навчальний план  
підготовки студента \_\_\_\_\_  
у 2011/2012 навчальному році  
напряом підготовки \_\_\_\_\_

Факультет машинобудівний

Курс 2, 3

Група \_\_\_\_\_

Дисципліна	триместр	Кредити	Модулі	Всього	Розподіл за триместрами та видами занять						Вид підсумкового контролю
					Разом	лекції	лабораторні. роботи	практ. заняття	контр. знань	С Р С	
Теорія зварювальних процесів	5	2,5	1	90	40	18	18		4	50	МК
	6	2,5	1	90	51	27	9	9	6	39	іспит
	7	4,5	1	162	96	60	15	15	6	66	іспит
Курсова робота	7	1,0	1	36	19			15	4	17	диф. залік

**Склад модулів дисципліни „Теорія процесів зварювання”, розподіл часу на їх засвоєння, терміни контролю**

№ модуля	Стислий зміст модуля	Триместр	Загальна кількість годин	Кредити ECTS	Кількість ауд. годин	Перелік КТ	Мін кількість балів для заліку КТ	Мах кількість балів	Коефіцієнт вагомості	Тиждень проведення
1.	Електрична зварювальна дуга. Фізичні процеси в дуговому розряді.	5	90	2,5	40	Захист лабораторної роботи №1 Захист лабораторної роботи №2 Захист лабораторної роботи №3 Захист лабораторної роботи №4 Захист лабораторної роботи №5 Контрольна робота №1	3 3 3 3 3 40	5 5 5 5 5 75	0,5	2 3 5 7 9 9
						Всього за модуль	55	100		
2.	Основи теплових розрахунків при зварюванні. Розрахунки теплових процесів при зварюванні. Основні закони термодинаміки. Кінетика процесів в гомогенних та гетерогенних системах.	6	90	2,5	51	Захист лабораторної роботи №6 Захист лабораторної роботи №7 Захист лабораторної роботи №8 Практичні заняття Контрольна робота №2	3 3 3 5 41	5 5 5 10 75	0,5	4 6 8 9 9
						Всього за модуль	55	100		
3.	Взаємодія газів з металом при зварюванні. Кристалізація металу зварювальної ванни. Зварювальні шлаки. Їх взаємодія з металом зварювальної ванни	7	162	4,5	96	Захист лабораторної роботи №9 Захист лабораторної роботи №10 Захист лабораторної роботи №11 Захист лабораторної роботи №12 Практичні заняття Контрольна робота №3	3 3 3 3 5 38	5 5 5 5 10 70	1,0	3 7 11 15 14 15
						Всього за модуль	55	100		
4	Курсова робота	7	36	1,0	19		55	100	1,0	14
			378	10,5	206					



7 триместр

Неділя	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Σ
Лекції (60 годин)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Лабораторні роботи (15 годин)	2		2		2		2		2		2		2		1	
Практичні роботи (15 годин)		2		2		2		2		2		2		2	1	
Контрольні заходи			ЛР9				ЛР10				ЛР11			ПР2	ЛР12/КР3	
Кількість балів	min		3				3				3			5	3/38	55
	max		5				5				5			10	5/70	100
№ модуля	Модуль 1, вагомість 1,0															

Поточний контроль складається з двох обов'язкових контрольних точок за перший модуль, п'яти обов'язкових контрольних точок за другий модуль і десяти обов'язкових контрольних точок за третій модуль. Максимальна кількість балів по кожному з модулів – 100. Обов'язкові контрольні точки повинні бути здані всі і відповідно з триместровим графіком. Загальний рейтинг за курс визначається за формулою:  $p1*0,5+p2*0,5$ , де  $p1, p2$  – бальний рейтинг по кожному модулю відповідно (1-100 балів); 0,5; 0,5; 1,0- вагомість КТ.



### Оцінювання з дисципліни "Теорія процесів зварювання"

Оцінювання з дисципліни			Критерії оцінювання з дисципліни
Рейтингова оцінка	в системі ECTS	за національною шкалою	
90-100	A	5 (відмінно)  <b>Зараховано</b> - складання модульного контролю	<p>Знання предмету міцні і глибокі, іноді виходять за межі навчальних програм, підручників і навчальних посібників та носять науковий і інноваційний характер.</p> <p>Студент вільно орієнтується з знань основ термодинаміки, кінетики процесів, що можливі при зварюванні, основ теплопередачі і розрахунків теплопередачі при зварюванні металоконструкцій та їх охолодженні, уміння творчо підходити до вирішення багатосторонніх задач технологічних процесів зварювання та конструювання зварних виробів. Для отримання екологічного технологічного процесу та оптимальної зварної конструкції повинен вміти досить точно визначити заходи попередження утворення тріщин в швах і ЗТВ, передбачити умови зварювання, за яких попереджується утворення пор в металі зварних швів, понижується розчинність газів та утворення неметалевих включень. Студент повинен вміти вести розрахунки режимів зварювання, площі перетину зварних швів, температурного поля в ЗТВ та інше.</p> <p>Студент повинен вільно володіти знаннями з:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основних законів термодинаміки;</li> <li>- кінетики перебігу фізико-хімічних процесів; рівноваги цих процесів в гомогених та гетерогених системах;</li> <li>- основ теплопередачі, методів рішення загального диференційного рівняння теплопровідності;</li> <li>- поняття термічного циклу зварювання. Визначення максимальної температури термічного циклу для окремих способів зварювання;</li> <li>- розрахунку продуктивності розплавлення електроду; розрахунку параметрів зони проплавлення; розрахунку ефективності проплавлення основного металу;</li> <li>- розрахунку швидкості охолодження точки зварного з'єднання;</li> <li>- розрахунку швидкості зварювання різних видів швів.</li> <li>- заходів по попередженню утворення гарячих та холодних тріщин;</li> <li>- заходів по попередженню пороутворення при зварюванні;</li> <li>- методів рафінування металу зварних швів;</li> <li>- заходів по зменшенню зони термічного впливу, особливо, зони перегрівання металу цієї зони;</li> <li>- вміння підбирати зварювальні матеріали згідно з матеріалами зварної конструкції.</li> </ul> <p>Студент легко і самостійно переносить засвоєні знання на нові види діяльності в межах обраної професії.</p>

85-89	B	4 (добре)  <b>Зараховано</b> - складання модульного контролю	Знання предмету міцні і глибокі, виходять за межі навчальних програм, підручників і навчальних посібників та носять науковий і інноваційний характер. Студент на достатньо високому рівні орієнтується з знань основ термодинаміки, кінетики процесів, що можливі при зварюванні, основ теплопередачі і розрахунків теплопередачі при зварюванні металоконструкцій та їх охолодженні. При розробці технологічного процесу та оптимальної зварної конструкції повинен вміти досить точно визначити заходи попередження утворення тріщин в швах і ЗТВ, передбачити умови зварювання, за яких попереджується утворення пор в металі зварних швів, знижується розчинність газів та утворення неметалевих включень. Студент повинен вміти вести розрахунки режимів зварювання, площі перетину зварних швів, температурного поля в ЗТВ та інше. Повинен самостійно переносити засвоєні знання на нові види діяльності в межах обраної професії.
75-84	C	4 (добре)  <b>Зараховано</b> - складання модульного контролю контролю	Знання предмету глибокі і повні, перебувають в межах навчальних програм, підручників, навчальних посібників. Студент самостійно орієнтується в знаннях з основ термодинаміки, кінетики процесів, що можливі при зварюванні, основ теплопередачі і розрахунків теплопередачі при зварюванні металоконструкцій та їх охолодженні. При розробці технологічного процесу та оптимальної зварної конструкції повинен вміти досить точно визначити заходи попередження утворення тріщин в швах і ЗТВ, передбачити умови зварювання, за яких попереджується утворення пор в металі зварних швів, знижується розчинність газів та утворення неметалевих включень. Студент повинен вміти вести розрахунки режимів зварювання, площі перетину зварних швів, температурного поля в ЗТВ та інше, знаходити і за допомогою педагога усувати помилки. Повинен самостійно переносити засвоєні знання на нові види діяльності в межах обраної спеціальності.
65-74	D	3 (задовільно)  <b>Зараховано</b> - складання модульного контролю	Знання предмету перебувають в межах навчальних програм, підручників, навчальних посібників. Студент орієнтується у більшості питань з основ термодинаміки, кінетики процесів, що можливі при зварюванні, основ теплопередачі і розрахунків теплопередачі при зварюванні металоконструкцій та їх охолодженні. При розробці технологічного процесу повинен передбачати можливі заходи попередження утворення тріщин в швах і ЗТВ, умови зварювання, за яких попереджується утворення пор в металі зварних швів, знижується розчинність газів та утворення неметалевих включень. Студент, в основному, правильно виконує розрахунки режимів зварювання, площі перетину зварних швів, температурного поля в ЗТВ та інше, знаходити і за допомогою педагога усувати помилки.
55-64	E	3 (задовільно)  <b>Зараховано</b> - складання модульного контролю	Знання, завчені з підручника, висвітлюються за допомогою конспекту. Студент орієнтується в основних питаннях з основ термодинаміки, кінетики процесів, що можливі при зварюванні, основ теплопередачі і розрахунків теплопередачі при зварюванні металоконструкцій та їх охолодженні, здатний переносити засвоєні знання в практику за допомогою викладача. Але студент не завжди вміє без допомоги викладача виконувати розрахунки режимів зварювання, площі перетину зварних швів, температурного поля в ЗТВ та інше.

54-30	FX	2 (незадовільно) <b>Не зараховано</b> з можливістю повторного складання модульного контролю	Студент слабо володіє основами знань з теорії процесів зварювання, не знає основних термінів і визначень, не вміє пояснити елементарні поняття, у процесі спілкування використовує хаотичний і безсистемний набір фраз, наближених до суті дисципліни, що вивчається, не виконав ряд практичних і лабораторних робіт.
29-1	F	2 (незадовільно) <b>Не зараховано</b> з обов'язковим повторним курсом	Студент не засвоїв елементарних основ курсу, знання хаотичні і безсистемні, зовсім не виконані практичні і лабораторні роботи.