

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова
Херсонська філія

Кафедра зварювання

Т 736



ЗАТВЕРДЖУЮ
Заступник директора
Херсонської філії НУК
з навчальної роботи
к.т.н., проф. Дудченко О.М.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

ТЕОРІЯ ПРОЦЕСІВ ЗВАРЮВАННЯ

THEORY OF WELDING PROCESSES

рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

тип дисципліни – нормативна

мова викладання – українська

Херсон - 2020

Робоча програма навчальної дисципліни "Теорія процесів зварювання" є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань 13 "Механічна інженерія", спеціальності 131 "Прикладна механіка", освітня програма "Інжиніринг зварювання та споріднених процесів".

" 25 " 08 2020 року. 35 с.

Розробник: *Сніхтаренко В.В., доцент кафедри зварювання Херсонської філії НУК.*

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Теорія процесів зварювання" узгоджено з гарантом освітньої програми

Гарант освітньої програми "Інжиніринг зварювання та споріднених процесів".

Доцент кафедри зварювання ХФ НУК.  В.В. Сніхтаренко

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Теорія процесів зварювання" розглянуто на засіданні кафедри зварювання Херсонської філії НУК

Протокол № 01 від " " 08 2020 р.

Завідувач кафедри

 Г.В. Єрмолаєв

Робочу програму навчальної дисципліни "Теорія процесів зварювання" затверджено Науково-методичною комісією Херсонської філії НУК

Протокол № 01 від " 28 " серпня 2020 р.

Голова МР ХФ НУК

 О.М. Дудченко

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 Опис навчальної дисципліни	5
2 Мета вивчення навчальної дисципліни	5
3 Передумови для вивчення дисципліни	6
4 Очікувані результати навчання.....	6
5 Програма навчальної дисципліни	7
5.1 Тематичний план навчальної дисципліни	12
5.2 Теми лабораторних занять	19
5.3 Перелік практичних занять	20
5.4 Розподіл годин самостійної роботи.....	20
5.5 Індивідуальні завдання	20
6 Засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування	21
7 Форми поточного та підсумкового контролю.....	21
8 Критерії оцінювання результатів навчання.....	24
9 Засоби навчання.....	26
10 Рекомендовані джерела інформації	26
Додаток	27

ВСТУП

Анотація

Дисципліна "Теорія процесів зварювання", є базисом для вивчення всіх зварювальних дисциплін, де викладаються теоретичні основи зварювання, які відображають сутність, внутрішні необхідні зв'язки, принципи і закони функціонування і розвитку зварювальної науки, технології і техніки. У навчальному плані курс "Теорія процесів зварювання" є сполучною ланкою при переході від загальних математичних та природничих дисциплін до загально-професійних дисциплін.

Цей курс складається з двох основних розділів: основи термодинаміки металургійних процесів зварювання і металургійні процеси при зварюванні плавленням.

Ключові слова: Внутрішня енергія, ентальпія, ентропія. Розчини, випаровування, рівновага, кипіння сплавів. Пори, шлакові включення, тріщини.

Abstract

Discipline "Theory of welding processes" is the basis for the study of all welding disciplines, which sets out the theoretical foundations of welding, which reflect the essence, internal necessary connections, principles and laws of operation and development of welding science, technology and engineering. In the curriculum, the course "Theory of welding processes" is a link in the transition from general mathematical and natural sciences to general professional disciplines.

This course consists of two main sections: basics of thermodynamics of metallurgical welding processes and metallurgical processes in fusion welding.

Key words: Internal energy, enthalpy, entropy. Solutions, evaporation, equilibrium, boiling of alloys. Pores, slag inclusions, cracks.

1 Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 12	Галузь знань: 13 "Механічна інженерія"	Нормативна	
Модулів - 5		Рік підготовки	
Змістових модулів - 10		3 - й	3, 4 - й
Електронний адрес на сайті ХФ НУК: http://kb.nuos.edu.ua/Licensing%20and%20accreditation%20specialties/bsoftware-engineering.html Індивідуальне науково-дослідне завдання Курсова робота	Спеціальність: 131 "Прикладна механіка". Спеціалізація (освітня програма) "Інжиніринг зварювання та споріднених процесів"	Семестри	
		5, 6 - й	6, 7 - й
		Лекції	
		5-й – 30 год. 6-й – 30 год.	12 год. 12 год.
		Практичні	
		5-й – 15 год. 6-й – - год.	10 год. 10 год.
		Лабораторні	
		5-й – 15 год. 6-й – 30 год.	10 год. 10 год.
		Самостійна робота	
		5-й – 90 год. 6-й – 150 год.	6-й – 118 год. 7-й – 178 год.
Загальна кількість годин - 360		Види контролю	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних: 5-й семестр – 4; 6-й семестр – 4 самостійної роботи студента: 5-й семестр – 6; 6-й семестр – 10.	Освітній рівень: перший (бакалаврський)	5-й – Екзамен 6-й – Екзамен, КР	6-й – Екзамен 7-й – Екзамен, КР

2 Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни “Теорія процесів зварювання” є формування у студентів згідно зі Стандартом вищої освіти України,

затвердженим Наказом Міністерства освіти і науки України від 20.06.2019 №865 таких компетентностей:

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

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

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

ЗК3. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях

ЗК7. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК12. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

3 Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами для вивчення даної дисципліни є дисципліни: математика, фізика та загальна хімія середньої школи.

4 Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів таких результатів навчання:

РН 1 Вибирати та застосовувати для розв'язання задач прикладної механіки додатні математичні методи.

РН 2 Використовувати знання теоретичних основ механіки рідин і газів, теплотехніки та електротехніки для вирішення професійних завдань.

РН 8 Знати і розуміти основи інформаційних технологій, програмування, практично використовувати прикладне програмне забезпечення для виконання інженерних розрахунків, обробки інформації та результатів експериментальних досліджень.

РН 9 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.

РН 15 Враховувати при прийнятті рішень основні фактори техногенного впливу на навколишнє середовище і основні методи захисту довкілля, охорони праці та безпеки життєдіяльності.

РН 19 Знання про вплив хімічного складу зварювальних матеріалів на формування металу шва і фізико-хімічні процеси при зварюванні, алгоритму вибору і технології виготовлення зварювальних матеріалів.

РН 21 Уміння оцінювати здатність до зварювання конструкційних матеріалів в однорідних і різномірних сполученнях.

5 Програма навчальної дисципліни

5-й семестр

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Основи термодинаміки металургійних процесів зварювання

Тема 1. Хімічна термодинаміка та кінетика металургійних процесів зварювання. Розвиток теорії металургійних процесів зварювання та їх особливості. – 2 год.

Джерела інформації: [1] стор. 12-22, [2] стор. 160-178.

Тема 2. Основні поняття та величини хімічної термодинаміки. Стандартні умови. Правило фаз Гіббса. Газові закони. – 2 год.

Джерела інформації: [1] стор. 21-28, 35-46, [2] стор. 160-178.

Тема 3. Перший початок термодинаміки для різних систем та його використання для аналізу процесів. Внутрішня енергія та ентальпія індивідуальних речовин і систем. Другий початок термодинаміки. Ентропія речовин та систем. – 2 год.

Джерела інформації: [1] стор. 28-40, [3] стор. 250-267.

Тема 4. Об'єднана формула Гіббса. Вільна енергія Гельмгольца та Гіббса. Енергія Гіббса речовин у розчинах. – 2 год.

Джерела інформації: [1] стор. 40-46, [3] стор. 267-277.

Тема 5. Властивості потенціалів. Фундаментальне рівняння Гіббса. Рівняння Гіббса-Гельмгольца в скінчених приростах. – 2 год.

Джерела інформації: [1] стор. 46-48, [8] 58-70.

Тема 6. Методи розрахунків вільної енергії Гіббса хімічних реакцій. Використання закону взаємодії мас та рівняння Вант-Гоффа для розрахунків складу газової фази при зварюванні. – 2 год.

Джерела інформації: [1] стор. 51-54, 176-185, [2] стор. 227-238.

Тема 7. Вчення про рівновагу. Фізичні умови рівноваги гетерогенних систем. Закон взаємодії мас для гомогенних та гетерогенних систем. Взаємозв'язок константи рівноваги та енергії Гіббса (рівняння Вант-Гоффа). Рівняння ізобари та ізотерми хімічних реакцій. Принцип рухомої рівноваги. – 2 год.

Джерела інформації: [1] стор. 123-133, [2] стор. 178-188, [3] стор. 277-288.

Змістовий модуль 2. Термодинаміка розчинів, окиснення та кінетика хімічних реакцій

Тема 8. Термодинаміка розчинів. Характеристика розчинів при зварюванні. Класи розчинів. – 2 год.

Джерела інформації: [1] стор. 76-84, [6] стор. 120-131.

Тема 9. Рівновага між газом, розчиненим у конденсованому розчині і у газовій фазі (рівняння Дальтона-Генрі). Закон розподілу речовин у незмішуваних розчинах (закон Нернста-Шилова). – 2 год.

Джерела інформації: [2] стор. 188-197, [6] стор. 131-140.

Тема 10. Розчинення газів у метали та їх вплив на властивості металу. Рівновага при фазових перетвореннях. Застосування законів термодинаміки до розрахунку процесу випаровування. – 2 год.

Джерела інформації: [1] стор. 225-227, [6] стор. 141-148.

Тема 11. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Швидкість випаровування речовин. Випаровування розчинів. Розрахунок втрат елементів при зварюванні за рахунок випаровування. Кипіння розчинів. – 2 год.

Джерела інформації: [1] стор. 114-123, [3] стор. 112-120.

Тема 12. Окиснення металу при зварюванні. Спорідненість елементів до кисню. Стандартна і фактична спорідненість. Методи розрахунку спорідненості. Взаємодія металів з газами. Система С-О, О-Н, С-Н-О та їх взаємодія з металами. Окислювальна здатність газової атмосфери. – 2 год.

Джерела інформації: [2] стор. 197-204, [4] стор. 123-135, [5] стор. 58-70.

Тема 13. Номограма Шашкова. Системи Fe-O-C і Fe-O-H. Процеси карбідотворення. Пористість і воднева крихкість металів. – 2 год.

Джерела інформації: [1] стор. 132-140.

Тема 14. Кінетика гомогенних реакцій і дифузійних процесів. Енергія активації і залежність швидкості реакцій від температури. – 2 год.

Джерела інформації: [1] стор. 211-218, [3] стор. 295-304.

Тема 15. Рівняння швидкостей реакції I і II порядку. Кінетика гетерогенних процесів і дифузійних процесів. Кінетичний і дифузійний режими. Ланцюгові реакції у зварювальній техніці. – 2 год.

Джерела інформації: [1] стор. 133-140, [3] стор. 304-313.

6-й семестр

Модуль 2.

Змістовий модуль 1. Металургійні процеси при зварюванні плавленням

Тема 1. Зварювання, як процес створення безперервного міжатомного зв'язку. Умови розвитку металургійних процесів при зварюванні плавленням. Можливості використання законів рівноваги до зварювальних процесів. Металургійні характеристики фаз при зварюванні плавленням. Газова фаза. Атмосферні гази. Захисні активні та інертні гази. – 2 год.

Джерела інформації: [3] стор. 331-348, [8] стор. 221-260, 379-389.

Тема 2. Зварювальні шлакові системи. Роль шлаків в металургійних процесах. Діаграми плавкості та в'язкості шлакових систем. – 2 год.

Джерела інформації: [2] стор. 238-244, [3] стор. 368-379.

Тема 3. Рафінування металу шва при зварюванні. Способи видалення кисню з металу шва. Розрахунок кількості елементів, які видаляють кисень. Видалення сірки та фосфору з металу шва при зварюванні. – 2 год.

Джерела інформації: [2] стор. 261-267, [3] стор. 317-326.

Тема 4. Легування металу шва при зварюванні. Способи легування: через зварювальний дріт, електродне покриття, флюси, газову фазу. Розрахунок легування металу шва при зварюванні в захисних газах. – 2 год.

Джерела інформації: [1] стор. 167-173, [2] стор. 259-261.

Тема 5. Захисні гази. Металургійні процеси при електродуговому зварюванні. Металургійні процеси при газополум'яному зварюванні. Особливості металургійних процесів при зварюванні порошковим дротом. – 2 год.

Джерела інформації: [2] стор. 150-179, [3] стор. 389-400.

Тема 6. Металургійні процеси при зварюванні під флюсом. Класифікація флюсів. Металургійні процеси при зварюванні під плавленими та керамічними флюсами. – 2 год.

Джерела інформації: [2] стор. 180-203.

Тема 7. Газо-шлаковий захист металу при зварюванні. Електродні покриття, їх призначення та типи. Металургійні процеси при зварюванні якісними електродами. – 2 год.

Джерела інформації: [3] стор. 389-400.

Змістовий модуль 2. Металургійні процеси при зварюванні плавленням

Тема 8. Кристалізація металів і сплавів. Первинна кристалізація металу та її особливості при зварюванні. Загальні положення теорії кристалізації. Гомогенна та гетерогенна кристалізація, швидкість кристалізації. Хімічна та фізична мікронеоднорідність металу. – 2 год.

Джерела інформації: [2] стор. 267-269.

Тема 9. Схеми кристалізації металу шва. Фактори, які впливають на первинну структуру зварного шва. Вторинна кристалізація металу при

зварюванні. Пори та механічні включення в зварних швах. Механізм виникнення та засоби попередження пор, що створюються розчинними та нерозчинними в металі газами. – 2 год.

Джерела інформації: [2] стор. 269-278, [3] стор. 435-455.

Тема 10. Гарячі тріщини при зварюванні. Кристалізаційні та підсолідусні тріщини. Фактори, які впливають на виникнення кристалізаційних тріщин. Механізм виникнення та засоби попередження підсолідусних тріщин. Механізм виникнення та засоби попередження гарячих тріщин у навколошовній зоні. – 2 год.

Джерела інформації: [2] стор. 295-304, [3] стор. 478-490.

Тема 11. Холодні тріщини. Механізм виникнення та засоби попередження холодних тріщин. Фактори, які впливають на виникнення холодних тріщин. Заходи попередження холодних тріщин. – 2 год.

Джерела інформації: [2] стор. 319-326, [3] стор. 529-544.

Тема 12. Крихке руйнування металу. Деформаційне та термічне старіння металу при зварюванні. Крихкість металу в зв'язку з фазовими перетвореннями. Засоби попередження крихкості металу зварних з'єднань. Механізм та природа виникнення тріщин від повторного нагрівання. – 2 год.

Джерела інформації: [2] стор. 319-340.

Тема 13. Здатність металів до зварювання плавленням. Поняття та методи визначення здатності до зварювання. Розрахункові і експериментальні методи визначення стійкості металу проти гарячих тріщин. – 2 год.

Джерела інформації: [2] стор. 317-319, [3] стор. 433-435.

Тема 14. Розрахункові і експериментальні методи визначення стійкості металу проти холодних тріщин. Особливості зварювання конструкційних вуглецевих сталей. Низьковуглецеві сталі. Високовуглецеві сталі. Низьколеговані сталі та їх зварюваність. – 2 год.

Джерела інформації: [2] стор. 319-339 [3] стор. 544-547.

Тема 15. Особливості зварювання середньо - та високолегованих сталей, що підлягають гартуванню. Особливості зварювання високолегованих хромонікелевих сталей та жароміцних нікелевих сплавів. Особливості зварювання кольорових металів та їх сплавів. – 2 год.

Джерела інформації: [2] стор. 330-357.

6-й семестр

Модуль 3 (курсова робота).

Змістовий модуль 1. Випаровування легуючих елементів зі сплаву.

Тема 1. Розрахунок процесів випаровування металів при зварюванні плавленням. – 45 годин.

Джерела інформації: [5] стор. 8-18.

Змістовий модуль 2. Визначення хімічного складу газової фази при зварюванні в газових сумішах.

Тема 2. Розрахунок хімічного складу газової фази при зварюванні в газових сумішах. – 45 годин.

Джерела інформації: [5] стор. 18-25.

5.1 Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		л	лаб	пз	с.р		л	лаб	пз	с.р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Модуль 1										
Змістовий модуль1. Основи термодинаміки металургійних процесів зварювання										
	5-й семестр					6-й семестр				
Тема 1. Хімічна термодинаміка та кінетика металургійних процесів зварювання. Розвиток теорії металургійних процесів зварювання та їх особливості.	10	2	-	2	6					
Тема 2. Основні поняття та величини хімічної термодинаміки. Стандартні умови. Правило фаз Гіббса. Газові закони.	10	2	2	-	6					
Тема 3. Перший початок термодинаміки для різних систем та його використання для аналізу процесів. Внутрішня енергія та ентальпія індивідуальних речовин і систем. Другий початок термодинаміки. Ентропія речовин та систем.	10	2	-	2	6	75	6	4	6	59
Тема 4. Об'єднана формула Гіббса. Вільна енергія Гельмгольца та Гіббса. Енергія Гіббса речовин у розчинах.	12	2	2	-	8					
Тема 5. Властивості потенціалів. Фундаментальне рівняння Гіббса. Рівняння Гіббса-Гельмгольца в скінчених приростах.	10	2	-	2	6					

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		л	лаб	пз	с.р		л	лаб	пз	с.р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тема 6. Методи розрахунків вільної енергії Гіббса хімічних реакцій. Використання закону взаємодії мас та рівняння Вант-Гоффа для розрахунків складу газової фази при зварюванні.	11	2	2	-	7					
Тема 7. Вчення про рівновагу. Фізичні умови рівноваги гетерогенних систем. Закон взаємодії мас для гомогенних та гетерогенних систем. Взаємозв'язок константи рівноваги та енергії Гіббса (рівняння Вант-Гоффа). Рівняння ізобари та ізотерми хімічних реакцій.	12	2	-	2	8					
Разом за змістовим модулем 1	75	14	6	8	47	75	6	4	6	59
Змістовий модуль 2. Термодинаміка розчинів, окиснення та кінетика хімічних реакцій										
Тема 8. Термодинаміка розчинів. Характеристика розчинів при зварюванні. Класи розчинів.	8	2	2	-	4					
Тема 9. Схеми кристалізації металу шва. Фактори, які впливають на первинну структуру зварного шва. Вторинна кристалізація металу при зварюванні. Пори та механічні включення в зварних швах. Механізм виникнення та засоби попередження пор, що створюються розчинними та нерозчинними в металі газами.	9	2	2	-	5					
Тема 10. Розчинення газів у металі та їх вплив на властивості металу. Рівновага при фазових перетвореннях. Застосування законів термодинаміки до розрахунку процесу випаровування.	9	2	-	2	5					
Тема 11. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Швидкість випаровування речовин. Випаровування розчинів. Кипіння розчинів.	11	2	-	2	7	75	6	6	4	59

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		л	лаб	пз	с.р		л	лаб	пз	с.р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тема 12. Окиснення металу при зварюванні. Спорідненість елементів до кисню. Стандартна і фактична спорідненість. Методи розрахунку спорідненості. Взаємодія металів з газами. Окислювальна здатність газової атмосфери.	9	2	-	2	5					
Тема 13. Номограма Шашкова. Системи Fe-O-C і Fe-O-N. Процеси карбідотворення. Пористість і воднева крихкість	9	2	2	-	5					
Тема 14. Кінетика гомогенних реакцій і дифузійних процесів. Енергія активації і залежність швидкості реакцій від температури.	9	2	2	-	5					
Тема 15. Рівняння швидкостей реакції I і II порядку. Кінетика гетерогенних процесів і дифузійних процесів. Кінетичний і дифузійний режими. Ланцюгові реакції у зварювальній техніці.	11	2	1	1	7					
Разом за змістовим модулем 2	75	16	9	7	43	75	6	6	4	59
Разом за модулем 1	150	30	15	15	90	150	12	10	10	118
Модуль 2										
Змістовий модуль 1. Металургійні процеси при зварюванні плавленням										
	6-й семестр					7-й семестр				
Тема 1. Зварювання, як процес створення безперервного міжатомного зв'язку. Умови розвитку металургійних процесів при зварюванні плавленням. Можливості використання законів рівноваги до зварювальних процесів. Металургійні характеристики фаз при зварюванні плавленням. Газова фаза. Захисні активні та інертні гази.	7	2	2	-	3					

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		л	лаб	пз	с.р		л	лаб	пз	с.р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тема 2. Зварювальні шлакові системи. Роль шлаків в металургійних процесах. Властивості та будова шлаків. Діаграми плавкості та в'язкості шлакових систем.	7	2	2	-	3					
Тема 3. Рафінування металу шва при зварюванні. Способи видалення кисню з металу шва. Розрахунок кількості елементів, які видаляють кисень. Видалення сірки та фосфору з металу шва при зварюванні.	7	2	0	-	5					
Тема 4. Легування металу шва при зварюванні. Способи легування: через зварювальний дріт, електродне покриття, флюси, газову фазу. Розрахунок легування металу шва при зварюванні в захисних газах.	8	2	2	-	4					
Тема 5. Захисні гази. Металургійні процеси при електродуговому зварюванні. Металургійні процеси при газополум'яному зварюванні. Особливості металургійних процесів при зварюванні порошковим дротом.	7	2	2	-	3					
Тема 6. Металургійні процеси при зварюванні під флюсом. Класифікація флюсів. Металургійні процеси при зварюванні під плавленими та керамічними флюсами.	7	2	2	-	3	60	6	4	-	50
Тема 7. Газо-шлаковий захист металу при зварюванні. Електродні покриття, їх призначення та типи. Металургійні процеси при зварюванні якісними електродами.	7	2	2	-	3					

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		л	лаб	пз	с.р		л	лаб	пз	с.р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тема 8. Кристалізація металів і сплавів. Первинна кристалізація металу та її особливості при зварюванні. Загальні положення теорії кристалізації. Гомогенна та гетерогенна кристалізація, швидкість кристалізації. Хімічна та фізична мікронеоднорідність металу.	10	2	2	-	6					
Разом за змістовим модулем 1	60	16	14	-	30	60	6	4	-	50
Змістовий модуль 2. Металургійні процеси при зварюванні плавленням										
Тема 9. Схеми кристалізації металу шва. Фактори, які впливають на первинну структуру зварного шва. Вторинна кристалізація металу при зварюванні. Пори та механічні включення в зварних швах. Механізм виникнення та засоби попередження пор, що створюються розчинними та нерозчинними в металі газами.	9	2	4	-	3					
Тема 10. Гарячі тріщини при зварюванні. Кристалізаційні та підсолідусні тріщини. Фактори, які впливають на виникнення кристалізаційних тріщин. Механізм виникнення та засоби попередження гарячих тріщин у навколошовній зоні.	7	2	2	-	3					
Тема 11. Холодні тріщини. Механізм виникнення та засоби попередження холодних тріщин. Фактори, які впливають на виникнення холодних тріщин. Заходи попередження холодних тріщин.	8	2	4	-	2	60	6	6	-	48
Тема 12. Крихке руйнування металу. Крихкість металу в зв'язку з фазовими перетвореннями. Засоби попередження крихкості металу зварних з'єднань. Механізм та природа виникнення тріщин від повторного нагрівання.	9	2	2	-	5					

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		л	лаб	пз	с.р		л	лаб	пз	с.р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тема 13. Здатність металів до зварювання плавленням. Розрахункові і експериментальні методи визначення стійкості металу проти гарячих тріщин.	7	2	-	-	5					
Тема 14. Розрахункові і експериментальні методи визначення стійкості металу проти холодних тріщин. Низьковуглецеві сталі. Високовуглецеві сталі. Низьколеговані сталі та їх зварюваність.	9	2	2	-	5					
Тема 15. Особливості зварювання середньо - та високолегованих сталей, що підлягають гартуванню. Особливості зварювання високолегованих хромонікелевих сталей та жароміцних нікелевих сплавів.	11	2	2	-	7					
Разом за змістовим модулем 2	60	14	16	-	30	60	6	6	-	48
Разом за модулем 2	120	30	30	-	60	120	12	10	-	98
Модуль 3 (курсова робота)										
Змістовий модуль 1. Провести розрахунок випаровування металів при зварюванні плавленням										
	6-й семестр					7-й семестр				
Розділ 1. Ознайомлення з роботою програми розрахунку фізико-металургійних процесів зварювання. Постановка задачі. Видача завдання.	5	-	-	-	5	5	-	-	2	3
Розділ 2. Ознайомлення з алгоритмом розрахунку випаровування металів при зварюванні плавленням.	10	-	-	-	10	10	-	-	3	7
Розділ 3. Проведення розрахунку.	20	-	-	-	20	20	-	-	-	20
Розділ 4. Введення розрахункових даних у програму перевірки розрахованих даних.	5	-	-	-	5	5	-	-	-	5

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		л	лаб	пз	с.р		л	лаб	пз	с.р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Розділ 5. Отримання графічних залежностей розрахункових даних.	5	-	-	-	5	5	-	-	-	5
Разом за змістовим модулем 1	45	-	-	-	45	45	-	-	5	40
Змістовий модуль 2. Провести розрахунок хімічного складу газової фази при зварюванні в газових сумішах										
Розділ 6. Постановка задачі. Видача завдання.	3	-	-	-	3	3	-	-	3	-
Розділ 7. Ознайомлення з алгоритмом розрахунку хімічного складу газової фази при зварюванні в газових сумішах	10	-	-	-	10	10	-	-	2	8
Розділ 8. Проведення розрахунку.	15	-	-	-	15	15	-	-	-	15
Розділ 9. Введення розрахункових даних у програму перевірки розрахованих даних.	5	-	-	-	5	5	-	-	-	5
Розділ 10. Отримання графічних залежностей розрахункових даних.	2	-	-	-	2	2	-	-	-	2
Розділ 11. Оформлення пояснювальної записки	5	-	-	-	5	5	-	-	-	5
Розділ 12. захист курсової роботи	5	-	-	-	5	5	-	-	-	5
Разом за змістовим модулем 2	45	-	-	-	45	45	-	-	5	40
Разом за модулем 3	90	-	-	-	90	90	-	-	10	80
Разом	360	60	45	15	240	360	24	20	20	296

Примітка. Для студентів заочної форми навчання викладаються оглядові лекції за темами змістових модулів в обсягах відповідно до таблиці (розд. 4).

Курсова робота виконується за рахунок самостійної роботи

5.2 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
5-й семестр			
1	Техніка безпеки при проведенні лабораторних занять. Джерела інформації: [4] стор. 2-7, робота 1	2	2
2	Спектральний аналіз металів Джерела інформації: [12] стор. 3-26, робота 2.	4	2
3	Дослідження фізико-хімічних та металургійних процесів при ацетиленокисневому зварюванні. Джерела інформації: [12] стор. 26-40, робота 3.	4	2
4	Дослідження процесу утворення пор у металі шва при електродуговому зварюванні. Джерела інформації: [4] стор. 37-49, робота 4.	5	4
Разом за 5-й семестр		15	10
6-й семестр			
5	Дослідження металургійних процесів при зварюванні якісними електродами. Джерела інформації: [4] стор. 41-50, робота 5.	4	2
6	Вивчення процесів легування металу шва при автоматичному зварюванні під флюсом. Джерела інформації: [4] стор. 50-62, робота 6.	6	2
7	Дослідження металургійних процесів при зварюванні в атмосфері захисних газів. Джерела інформації: [2, 8], робота 7. Джерела інформації: [4] стор. 62-75 робота 7.	4	2
8	Дослідження стійкості зварних з'єднань проти утворення гарячих тріщин. Джерела інформації: [4] стор. 75-90, робота 8.	6	2
9	Дослідження стійкості зварних з'єднань проти утворення холодних тріщин. Джерела інформації: [4] стор. 90-118, робота 9.	6	2
10	Дослідження процесів формування з'єднань при зварюванні тиском, взаємодії припоїв з основним матеріалом та інших високотемпературних процесів за допомогою установки ІМАШ 20-78. Джерела інформації: [4] стор. 118-128, робота 10	4	-
Разом за 6-й семестр		30	10

5.3 Перелік практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
5-й семестр		
1	Рішення домашніх завдань з курсу хімічної термодинаміки	2
2	Визначення теплових ефектів хімічних і констант рівноваги	4
3	Розрахунок процесів випаровування сплавів при зварюванні	4
4	Розрахунок складу газової фази при дисоціації газів	5
Разом:		15

5.4 Розподіл годин самостійної роботи

№ п/п	Вид роботи	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
5-й семестр			
1	Підготовка до лекцій	30	30
2	Підготовка до лабораторних робіт	12	12
3	Підготовка до практичних робіт	8	8
3	Підготовка до поточного модульного контролю	30	30
4	Виконання контрольної роботи	-	28
5	Підготовка до екзамену	10	10
Разом за 5-й семестр		90	118
6-й семестр			
1	Підготовка до лекцій	30	30
2	Підготовка до лабораторних робіт	10	10
3	Підготовка до поточного модульного контролю	15	15
4	Виконання контрольної роботи	-	23
5	Виконання курсової роботи	90	90
6	Підготовка до екзамену	5	10
Разом за 6 семестр		150	178
Разом:		240	296

5.5 Індивідуальні завдання

Індивідуальне науково-дослідне завдання (ІНДЗ) виконується здобувачем під керівництвом викладача і полягає у виконанні курсової роботи.

Індивідуальні завдання видаються студентам в терміни, передбачені робочою програмою навчальної дисципліни. Виконання індивідуальних завдань створює умови для як найповнішої реалізації творчих можливостей студентів і

має на меті поглиблення, узагальнення та закріплення знань, які здобувачі одержують у процесі навчання, а також застосування знань на практиці. Індивідуальні завдання виконуються самостійно і не входять до тижневого аудиторного навантаження здобувача. Викладач контролює виконання індивідуального завдання на консультаціях.

6 Засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є:

- звіти з виконання лабораторної роботи;
- усні відповіді на лабораторних заняттях;
- поточні модульні контрольні роботи у формі тестування (тестовий контроль);
- захист курсової роботи, екзамен.

У якості методичного забезпечення використовуються підручники та методичні вказівки до виконання лабораторних робіт, а також матеріали лекційних занять, плакати. Крім традиційних паперових носіїв, підручники та методичні вказівки використовуються в електронному вигляді.

З метою роз'яснення найбільш складних питань дисципліни та підвищення якості виконання індивідуального завдання слід проводити групові та індивідуальні консультації за розкладом кафедри.

7 Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Поточний контроль реалізується у формі виконання практичних завдань, захисту лабораторних робіт, виступів на практичних заняттях, тестів. Результати поточного контролю (поточна успішність) є основною інформацією для виставлення заліку і екзамену (за умови якщо здобувач набрав від 60 до 100 балів за всі види освітньої діяльності) враховуються викладачем при виставленні підсумкової оцінки (балів) з даної дисципліни.

Контроль самостійної роботи проводиться:

- з лекційного матеріалу шляхом перевірки конспектів;
- з практичних (лабораторних) занять шляхом перевірки виконаних завдань, захисту лабораторних робіт.

Контроль виконання курсової роботи включає поточний контроль за виконанням розділів роботи та захист перед комісією.

Форми контролю результатів навчальної діяльності студентів та їх оцінювання

Критерії оцінювання лабораторних робіт

Бал	Критерії оцінювання
5	Робота виконана у встановлений термін. Виконана самостійно, чітко сформульовані цілі, завдання та гіпотеза досліджень. Застосовувалися коректні методи обробки отриманих результатів. У висновках проведена

Бал	Критерії оцінювання
	коректна інтерпретація результатів.
4	Робота виконана у встановлений термін. Студент виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує спостереження; в цілому правильно складає звіт та робить висновки.
3	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує спостереження; складає звіт, що містить неточності у висновках та помилки.
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну згідно з інструкцією; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
1	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну під керівництвом викладача; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
0	Робота не виконувалася

Критерії оцінювання поточного модульного контролю знань у формі тестування

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
5-й семестр										
Бал	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2
6-й семестр										
Бал	15	14	12	10	9	8	6	4	3	2

Критерії оцінювання контрольної роботи (для заочної форми)

Бал*	Критерії оцінювання
40/35	Робота виконана у встановлений термін. Матеріал викладено у достатньому обсязі, аргументовано і у правильній послідовності. Під час захисту роботи студент вільно орієнтується в матеріалах.
30/25	Робота виконана у встановлений термін. Матеріал викладено у достатньому обсязі, але є невеликі неточності. Під час захисту роботи студент вільно орієнтується в матеріалах.
15/10	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Матеріал викладено у правильній послідовності, але недостатньо повно. Під час захисту роботи студент слабо орієнтується в матеріалах.
0	Роботу не виконано.

* - Бал 6-го семестру/бал 7-го семестру

Критерії оцінювання курсової роботи

Параметри оцінювання	Кількість балів	Критерії оцінювання за бальною шкалою
Пояснювальна записка	40	Зміст роботи відповідає обраній темі; наявність чітко сформульованої проблеми; наявність посилань на використану літературу та відповідність оформлення роботи стандарту; адекватність обраних методів предмету дослідження, грамотне використання методів (процедура, обробка, інтерпретація результатів); відповідність висновків меті та завданням.

Параметри оцінювання	Кількість балів	Критерії оцінювання за бальною шкалою
		Робота виконувалась систематично та вчасно подана на перевірку науковому керівнику у відповідності із планом виконання курсової роботи.
	35	Зміст роботи відповідає обраній темі; наявність чітко сформульованої проблеми; мети та задач дослідження; наявність посилань на використану літературу та відповідність оформлення роботи стандарту; адекватність обраних методів предмету дослідження, грамотне використання методів (процедура, обробка, інтерпретація результатів); відповідність висновків меті та завданням дослідження. Робота виконувалась не систематично та подана на перевірку науковому керівнику з порушенням плану виконання курсової роботи.
	30	Зміст роботи відповідає обраній темі; але має поверхневий аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Робота виконувалась не систематично та подана на перевірку науковому керівнику з порушенням плану виконання курсової роботи.
	20	Робота, оформлена за вимогами, які пред'являються до курсових робіт, але має недостатньо критичний аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Основні тези роботи розкриті, але недостатньо обґрунтовані, нечітко сформульовано висновки, пропозиції і рекомендації.
	15	Студент відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень і лише за допомогою викладача може виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих.
	5	Робота не носить дослідницького характеру, не має аналізу і не відповідає вимогам, які пред'являються до курсових робіт. У роботі немає висновків або вони носять декларативний характер.
Ілюстративна частина	30	Презентація гарно організована, доповідь супроводжується ілюстративними матеріалами, матеріали ілюстрації підготовлені відповідно до вимог, що висуваються.
	15	Презентація гарно організована, доповідь супроводжується ілюстративними матеріалами, на які не завжди дано посилання у доповіді або ілюстративні матеріали оформлені з незначними зауваженнями;
	10	Ілюстративні матеріали низької якості, в організації презентації спостерігається невпевненість
	5	Ілюстративні матеріали низької якості, в доповіді немає посилань на ілюстративні матеріали.
Захист роботи	40	Доповідь логічно побудована, студент чітко та стисло викладає основні результати дослідження, показує глибокі знання з питань теми, оперує даними дослідження, вносить пропозиції по темі дослідження, під час доповіді вміло використовує презентацію, впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання.
	35	Студент спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження, дає правильні відповіді на всі запитання, але не завжди упевнений в аргументації, чи не завжди коректно її формулює.
	30	Студент спроможний чітко та стисло викласти основні результати

Параметри оцінювання	Кількість балів	Критерії оцінювання за бальною шкалою
		дослідження, належно обґрунтовує положення роботи, але допускає неточності у відповідях на запитання.
	25	Студент спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження але допускає суттєві неточності у відповідях на запитання, не завжди належно обґрунтовує положення роботи.
	20	Студент невпорядковано викладає основні результати дослідження, намагається дати відповідь на поставлені запитання і робить спроби аргументувати положення роботи.
	15	Студент невпорядковано викладає основні результати дослідження робить спроби аргументувати положення роботи, надає неповні, поверхові, необґрунтовані відповіді на поставлені питання
	10	Студент демонструє задовільні знання з теми дослідження, але не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання членів комісії, та належно обґрунтувати положення роботи.
	5	Студент невпорядковано викладає основні результати дослідження, не спроможний дати відповідь на запитання, відстоювати свою позицію

Узагальнюючі результати поточного контролю знань

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
5-й семестр		6-й семестр
Виконання лабораторних робіт	4 роб. × 5 балів = 20 балів	4 роб. × 5 балів = 20 балів
Поточний модульний контроль	1, 2 МКР × 20 балів = 40 балів	-
Виконання контрольних робіт	-	1 роб. × 40 балів = 40 балів
Всього	60	60
6-й семестр		7-й семестр
Виконання лабораторних робіт	6 роб. × 5 балів = 30 балів	5 роб. × 5 балів = 25 балів
Поточний модульний контроль	3, 4 МКР × 15 балів = 30 балів	-
Виконання контрольних робіт	-	1 роб. × 35 балів = 35 балів
Всього	60	60

8 Критерії оцінювання результатів навчання

Змістовий модуль	Тема	Денна форма		Заочна форма	
		Вид роботи	Бали	Вид роботи	Бали
5-й семестр				6-й семестр	
ЗМ 1	T1, T2	Лаб. робота № 1	5	Лаб. робота № 1	5
	T3, T4	Лаб. робота № 2	5	Лаб.робота № 2	5

Змістовий модуль	Тема	Денна форма		Заочна форма	
		Вид роботи	Бали	Вид роботи	Бали
	T1-T4	Поточний модульний контроль (МКР 1)	20	-	-
ЗМ 2	T5	Лаб. робота № 3	5	Лаб. робота № 3	5
	T6, T8	Лаб. робота № 4	5	Лаб.робота № 4	5
	T1-T8	Поточний модульний контроль (МКР 2)	20	-	-
		Контрольна робота	-	Контрольна робота	40
Підсумковий контроль		Тест	40	Тест	40
Сума			100		100
6-й семестр				7-й семестр	
ЗМ 3	T9-T10	Лаб. робота № 5	5	Лаб. робота № 5	5
	T11	Лаб. робота № 6	5	Лаб. робота № 6	5
	T12	Лаб. робота № 7	5	Лаб. робота № 7	5
	T9-T12	Поточний модульний контроль (МКР 3)	20	-	-
ЗМ 4	T13	Лаб. робота № 8	5	Лаб. робота № 8	5
	T14	Лаб. робота № 9	5	Лаб. робота № 9	5
	T15	Лаб. робота № 10	5	-	-
	T13-T15	Поточний модульний контроль (МКР 4)	20	-	-
		Контрольна робота	-	Контрольна робота	35
Підсумковий контроль		Тест	30	Тест	40
Сума			100		100

За виконання курсової роботи

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
до 40	до 20	до 40	100

9 Засоби навчання

Технічні засоби навчання: мультимедійний проектор, персональні комп'ютери з підключенням до мережі Інтернет. При проведенні занять за дистанційною формою навчання (у період карантину) використовуються дистанційні платформи й інформаційно-комунікаційні технології (Moodle, Google Classroom, DingTalk, ZOOM Cloud Meetings, Skype, Viber, WeChat, Telegram, соціальні мережі тощо).

10 Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Кох Б.А. Основы термодинамики металлургических процессов сварки.– Л.: Судостроение, 1975. – 240 с.
2. Багрянский К.В., Добротина З.А., Хренов К.К. Теория сварочных процессов.– Киев: Вища школа, 1976.– 423 с.
3. Теория сварочных процессов/Под ред. В.В. Фролова. – М.: Высшая школа, 1988. – 558с.
4. Квасницький В.В., Спіхтаренко В.В. Теорія зварювальних процесів. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання. – Миколаїв: УДМТУ, 2002. – 184 с.
5. Квасницький В.Ф., Дорошенко М.Н., Костин А.М. Расчёты на ЭВМ физико - металлургических процессов сварки. – Николаев: НКИ, 1991. – 44 с.

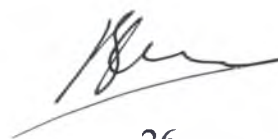
Допоміжна література

6. Киреев В.А. Краткий курс физической химии. – М.: Химия, 1969. – 638 с.
7. Киреев В.А. Методы практических расчетов в термодинамике химических реакций. – М.: Химия, 1970. – 519с.
8. Петров Т.Л., Тумарев А.С. Теория сварочных процессов.- М.: Высшая школа, 1967. – 514 с.
9. Квасницький В.В. Спеціальні способи зварювання. – Миколаїв: УДМТУ, 2003. – 438 с.
10. Квасницький В.Ф. Физико-химические процессы соединения металлов в твёрдой фазе. – Николаев: НКИ, ч. 1, 1977. – 51 с., ч. 2, 1979. – 67 с.
11. Спіхтаренко В.В. Практикум з теорії процесів зварювання. Херсон: ХФ НУК, 2007. – 32 с.

Інформаційні ресурси в інтернет

Сайт ХФ НУК: <http://kb.nuos.edu.ua>

Розробник
доцент кафедри зварювання



Спіхтаренко В.В.

Питання для модульного контролю

Модуль 1

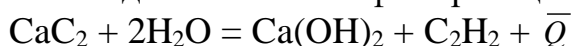
5-й семестр

Контрольні питання до 1-го змістового модуля

1. У чому полягає суть першого початку термодинаміки (ТД) для різних систем? Дайте його математичний запис.

2. Поясніть суть законів Гесса та Лавуазьє-Лапласа. Яким чином, користуючись ними, можна визначити тепловий ефект реакції?

3. Знайдіть тепловий ефект реакції утворення ацетилену



Ентальпії речовин: $\Delta H^\circ_{298(\text{CaC}_2)} = -59 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; $\Delta H^\circ_{298(\text{H}_2\text{O})} = -242 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$;

$$\Delta H^\circ_{298(\text{Ca}(\text{OH})_2)} = -987 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} ; \Delta H^\circ_{298(\text{C}_2\text{H}_2)} = -226 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

Відповідь: $\bar{Q} = 126 \text{ кДж}$

4. Знайдіть тепловий ефект реакції відновлення заліза алюмінієм



Ентальпії речовин: $\Delta H^\circ_{298(\text{FeO})} = -269 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; $\Delta H^\circ_{298(\text{Al}_2\text{O}_3)} = -1692 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$;

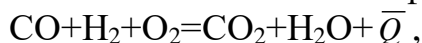
Відповідь: $\bar{Q} = 910 \text{ кДж}$

5. У чому полягає суть другого початку термодинаміки? Дайте його математичний вираз.

6. Яка фізична суть ентропії і її відмінність від теплоємності речовини, що має ту ж розмірність? Визначить зміну ентропії NiS при нагріванні від 298 до 490 °К. Рівняння теплоємності $C_{p\text{NiS}} = 9,25 + 12,8 \cdot T^{-3}$.

7. Що розуміють під ізотермічними потенціалами? Наведіть математичний вираз для ізохорно-ізотермічного та ізобарно-ізотермічного потенціалів.

8. Визначити тепловий ефект реакції при 298 К:



якщо $H^\circ_{298(\text{CO})} = -110 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; $H^\circ_{298(\text{CO}_2)} = -395 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; $\Delta H^\circ_{298(\text{H}_2\text{O})} = -286 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$

9. Розрахувати константу рівноваги реакції:

/задача 8/ при $T = 300 \text{ К}$, якщо $S^\circ_{298(\text{CO})} = S^\circ_{298(\text{H}_2)} = S^\circ_{298(\text{O}_2)} = 200 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$;

$$S^\circ_{298(\text{CO}_2)} = 37,0 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} ; S^\circ_{298(\text{H}_2\text{O})} = 33,0 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

10. Запишіть константу рівноваги реакції Кр

/задача 8/ для $T_1 = 400^\circ\text{C}$ та $T_2 = 300 \text{ К}$.

11. Визначити зміну вільної енергії Гіббса реакції 1 для $T = 3000 \text{ К}$
/задача 8/

12. Яку максимальну кількість тепла Ви втратите при випаровуванні з поверхні шкіри 8 г. води, якщо теплота випаровування складає 40 кДж/моль?
13. Дано рівняння реакції:
 $C(\text{алмаз}) + O_2 = CO_2 + 714 \text{ кДж}$
 $C(\text{графіт}) + O_2 + 615 \text{ кДж}$
 Визначить ΔH процесу переходу графіту в алмаз.
14. Дано рівняння реакції:
 $2Al + 2/3O_2 = Al_2O_3 + 4100 \text{ кДж}$
 $2Fe + 2/3O_2 = Fe_2O_3 + 2100 \text{ кДж}$
 Визначить ΔH при відновленні 1 моля Fe_2O_3 алюмінієм при термітному зварюванні.
15. Визначить константу рівноваги реакції
 $H_2(\text{газ}) + J_2(\text{газ}) = 2HJ(\text{газ})$
 при $400^\circ C$, якщо $P_{(H_2)} = 10^{-2} \text{ атм}$; $P_{(J_2)} = 10^{-2} \text{ атм}$; $P_{(HJ)} = 10^{-4} \text{ атм}$
16. Дано рівняння реакції:
 $CaCO_3 = CaO + CO_2$,
 що проходить у закритій системі. Як вплине на тиск CO_2 добавка в систему $CaCO_3$?
17. Для однієї і тої ж реакції при T_1 константа $K_{N(T_1)}$ дорівнює 10^{-5} , а при $T_2 - 10^{-3}$. При якій температурі реакція протікає інтенсивніше?
18. Який із елементів А чи В буде окиснюватися найбільш повно та інтенсивно, якщо при температурі T $P_{(O_2)} = 10^{-6} \text{ Па}$; $P_{(O_2(BO))} = 10^{-10} \text{ Па}$, А – основа сплаву, концентрація В складає 1,0 %? Атомні маси елементів близькі. Формули оксидів відповідно АО и ВО. Оксиди не розчиняються в сплаві.
19. Система та ж, що в задачі 1, однак сплав розчиняє оксид АО та містить $5 \cdot 10^{-3} \%$ кисню, а концентрація насичення – 0,05 %.
 Який із елементів окислюється більш інтенсивно і повно?
20. Запишіть рівняння константи рівноваги, яка виражена через парціальний тиск для реакції
 $A_{тв} + B_2 \text{ газ} = AB_2 \text{ газ}$
 Як знайти чисельне значення константи?
21. Визначить константу розподілення речовини А в двох розчинниках 1 і 2 при температурі $1650^\circ C$ та концентрацію в першому з них речовини А, якщо у другому міститься цієї речовини 0,2 %, а концентрації насичення рівні в першому 0,4 %, в другому 1,2 %.
22. Чи буде кипіти сплав, який складається з елементів А і В при температурі T , якщо $P_{(A)} = 10^{-8} \text{ атм}$; $P_{(B)} = 10^{-12} \text{ атм}$, А – основа сплаву, концентрація В складає 10,0 %? Атомні маси елементів близькі.
 Сплав гріють:
 1) на повітрі;
 2) в вакуумі 10^{-1} Па .
23. Як можна визначити по зміні величини ізотермічного потенціалу реакції її напрям?
24. Що виражає собою хімічний потенціал системи?

Перелік контрольних питань для другого змістового модуля:

1. Як визначаються ентропія та вільна енергія Гіббса чистої речовини та речовини у розчині?
2. Що розуміють під розбавленим та досконалим розчинами? Виразіть хімічний потенціал для розчинника і розчиненої речовини у розчинах.
3. Як визначити хімічний потенціал речовини, яка знаходиться в реальному розчині? Що таке активність?
4. Що називається рівновагою хімічної реакції і якою характеристикою вона визначається?
5. Проаналізуйте рівняння ізотерми реакції. Що воно дозволяє визначити?
6. Як впливає тиск і температура на становище константи рівноваги реакцій? Запишіть залежність константи рівноваги від температури.
7. Як обчислюється константа рівноваги реакцій? Користуючись наближеними методами розрахунку, визначить K_p реакції $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$ при 1000 та 2000 °К

$$\Delta H^\circ_{298(\text{CO})} = -110 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}; \Delta H^\circ_{298(\text{H}_2\text{O})} = -242 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}; \Delta H^\circ_{298(\text{CO}_2)} = -394 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}};$$

$$S^\circ_{298(\text{CO})} = 198 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}; S^\circ_{298(\text{H}_2\text{O})} = 189 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}};$$

$$S^\circ_{298(\text{CO}_2)} = 214 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}; S^\circ_{298(\text{H}_2)} = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

8. Які умови необхідні для розчинення газів у рідині?
9. У чому полягає суть закону розподілу Нернста?
10. Які особливості притаманні поверхні контактуючих фаз?
11. Що таке випаровування? Від чого залежить випаровування чистої речовини, а також тої, що знаходиться в розчині?
12. Що називається дифузією? Запишіть в математичній формі перший і другий закони Фіка.
13. Що таке коефіцієнт дифузії і які фактори впливають на його величину?
14. У чому полягають особливості процесів дифузії, які протікають при зварюванні плавленням?
15. Напишіть рівняння дисоціації двох - і трьохатомних газів, що найбільш часто зустрічаються атмосфері дуги.
16. Який механізм насичення рідкого металу газами (хімічне та електричне поглинання газів металами)?
17. Яка мінімальна температура полум'я необхідна для газового зварювання сталей?
18. Як розрахувати тепловий ефект хімічної реакції?
19. У чому полягає суть термодинамічного методу оцінки окислювальної здатності газозварювального полум'я та газової фази взагалі?
20. Які умови окиснювання, відновлення та рівноваги?
21. Яка структура номограми А.М. Шашкова? Як за допомогою цієї номограми встановити взаємодію ацетиленокисневого полум'я з елементами сталі?
22. У чому різниця між технічними термінами "нормальне" або "окислювальне" полум'я та металургійними властивостями полум'я?

23. У чому полягає стандартна та фактична спорідненість елементів до кисню?

24. Яким є вплив спорідненості елементів до кисню на їх концентрацію в металі шва?

Модуль 2

6-й семестр

Перелік контрольних питань для третього змістового модуля:

1. У чому проявляється вплив кисню на властивості сталі?
2. Як впливає азот на властивості сталі?
3. Як впливає вуглець на властивості сталі?
4. Якими шляхами попадають кисень, водень, азот і вуглець в реакційний простір при дуговому зварюванні?
5. У чому проявляється вплив оксидів вуглецю на властивості сталі?
6. Призначення шлаків при зварюванні. Фізичні властивості шлаків.
7. У чому полягають основи молекулярної та іонної теорії шлаків?
8. Що таке кислотність або основність шлаків?
9. Схарактеризуйте основні фізичні властивості зварювальних шлаків.
10. У чому полягає різниця довгих та коротких шлаків?
11. Схарактеризуйте важливі прості оксиди, які входять до складу зварювальних шлаків.
12. Назвіть три основні системи зварювальних шлаків.
13. У чому полягають металургійні функції шлаків?
14. Що таке коефіцієнт ефективності масообміну і як його визначають?
15. Виведіть рівняння визначення хімічного складу металу шва для таких випадків:
 - 1) легуючий елемент тільки у флюсі;
 - 2) легуючий елемент відсутній у електродному або в основному металі;
 - 3) багатшарове наплавлення;
 - 4) зварювання якісними електродами.
16. Назвіть три основні види окиснення компонентів метала та шлаку.
17. Назвіть способи розкислення металу шва.
18. Назвіть приклад розкислення сталі з утворенням конденсованих продуктів реакції.
19. Дайте характеристику основних розкислювачів сталі: Si, Mn, Ti, Al; підкресліть позитивні та негативні властивості кожного з них.
20. Опишіть процеси розкислення сталі вуглецем та воднем (з утворенням газоподібних продуктів реакції).
21. Який механізм дифузійного розкислення сталі шлаком?
22. У чому полягають особливості розкислення сталі кислими і основними шлаками?
23. Способи легування металу шва, їх особливості, переваги і недоліки.
24. Що таке коефіцієнт переходу елемента? У чому недоліки цього показника?

25. У чому полягають механізми рафінування сталі від сірки та фосфору? Способи їх вилучення з металу шва.
26. У чому полягають особливості умов рафінування сталі шлаком при дуговому зварюванні порівняно з мартенівським процесом?
27. Яка роль CaO і Mn в процесі рафінування сталі від сірки?
28. Опишіть механізм виведення фосфору із сталі в процесі рафінуванні.
29. Визначити в шві вміст кремнію і марганцю при зварюванні у вуглекислому газі при рівній участі основного металу і зварювального дроту в металі шва, якщо коефіцієнти їх переходу в шов із дроту відповідно рівні 0,37 і 0,53. Концентрація в основному металі 0,5 % кожного, а в дроті кремнію 0,7 %, марганця 1,8 %.
30. Перелічіть засоби запобігання пор в металі шва.
31. Призначення шлаків.
32. Перелічіть шляхи легування металу шва при зварюванні покритими електродами.
33. Назвіть способи захисту зварювальної ванни.
34. Назвіть вимоги до елементів - розкислювачів.
35. Який механізм утворення пор розчинними та нерозчинними в металі газами?
36. Які існують способи запобігання порам, обумовленим розчинними та нерозчинними газами?
37. Як впливає режим зварювання на стійкість металу шва проти пор?
38. Наведіть конкретні приклади різних способів запобігання порам.
39. Порівняйте проблеми попередження пор при зварюванні у вуглекислому газі та водяній парі.
40. Схарактеризуйте основні компоненти зварювальних матеріалів, які дають можливість попередити утворення пор.
41. Як впливає іржа та прошарок захисного ґрунту на утворення пор?
42. Як необхідно готувати кромки та зварювальні матеріали для попередження пор?
43. Чи може бути концентрація марганцю в наплавленому металі більшою, ніж в основному металі або електродному дроті?
44. Чому кількість марганцю різна в електродному дроті та в краплі, що утворилася на кінці електрода?
45. Схарактеризуйте способи легування металу шва при зварюванні якісними електродами.
46. Як розрахувати очікуваний хімічний склад металу шва при зварюванні якісними електродами?
47. Як можна збільшити коефіцієнт переходу легуючого елемента з електрода в шов?
48. Як залежить вміст марганцю в наплавленому металі від вмісту MnO у флюсі?
49. Як змінюється склад краплі електродного дроту в процесі плавлення?
50. Які фактори визначають перехід марганцю в шов за рахунок його відновлення з MnO, який уведено в шлак?

51. Внаслідок чого може змінюватися склад металу шва при зварюванні в атмосфері аргону?

52. Які зміни складу та механічних властивостей металу викликає його взаємодія з вуглекислим газом?

53. Чи можна ліквідувати наслідки взаємодії металу з киснем в атмосфері вуглекислого газу?

54. Схарактеризуйте способи легування металу шва при зварюванні в захисних газах.

55. Які особливості та переваги зварювання в газових сумішах?

56. Які переваги, особливості та області застосування зварювання порошковими дротами?

Перелік контрольних питань для чого змістового модуля:

1. Що таке безперервна та періодична кристалізація металу?
2. У чому полягає різниця дифузійної і бездифузійної кристалізації?
3. У чому полягає суть концентраційного переохолодження і як воно впливає на формування кристалів при кристалізації?
4. У чому полягають особливості первинної кристалізації металу при зварюванні?
5. Які причини утворення шаруватості та стовпчатості будови зварних швів?
6. Чим пояснюється переривчастість кристалізації металу при зварюванні?
7. Назвіть особливості кристалізації металу шва.
8. Які гази можуть бути причиною пористості зварних швів?
9. Які причини утворення шлакових включень в металі шва?
10. Від яких факторів залежить швидкість спливання шлакових часток в металічній ванні (Закон Стокса)?
11. Що таке ліквідація в металі шва та її види?
12. У чому проявляється вплив ліквідації на механічні властивості металу шва?
13. Опишіть по діаграмі залізо-вуглець механізм вторинної кристалізації низьковуглецевої сталі при зварюванні.
14. Як впливають особливості нагрівання та охолодження металу шва при зварюванні на результати його вторинної кристалізації?
15. Опишіть мікроструктуру основних ділянок зони термічного впливу при зварюванні низьковуглецевої сталі.
16. Що таке технологічна та експлуатаційна міцність конструкції?
17. Опишіть характер об'ємних змін низьковуглецевої сталі в процесі її охолодження із розплаву до кімнатної температури.
18. Який характер пружно-пластичних деформацій, що виникають в металі шва при дуговому зварюванні?
19. У чому полягають особливості будови і властивостей сталі, яка знаходиться в інтервалі температур T_L – T_C ?
20. Який механізм утворення гарячих тріщин при деформації металу, що знаходиться в двофазному твердо-рідкому стані?

21. Сутність методики оцінки стійкості металу шва проти утворення тріщин за критичною швидкістю деформації?
22. У чому сутність методики ПДТУ для кількісної оцінки стійкості металу шва проти утворення кристалізаційних тріщин?
23. Як впливають C, S, Si, Cu на технологічну міцність металу шва?
24. Як і чому жорсткість конструкції збільшує небезпеку виникнення кристалізаційних тріщин при зварюванні?
25. Основні причини виникнення холодних тріщин при зварюванні.
26. У яких сталях виникають холодні тріщини та як впливають різні елементи термічного циклу при зварюванні на кінцеву структуру і на виникнення холодних тріщин?
27. Яка роль водню в утворенні холодних тріщин при зварюванні?
28. Який механізм впливу водню на утворення холодних тріщин в металі?
29. Як пояснюється механізм утворення холодних тріщин при зварюванні за теорією сповільненого руйнування? У чому полягає суть схеми Зінера?
30. Засоби попередження гарячих тріщин при зварюванні.
31. Засоби попередження холодних тріщин при зварюванні.
32. Що розуміють під здатністю металів до зварювання тих чи інших матеріалів?
33. Які види випробувань для оцінки здатності металів до зварювання широко використовують у зварювальній техніці?
34. Дайте загальну характеристику групи вуглецевих конструкційних сталей. За якою ознакою їх класифікують у зварювальній техніці?
35. Чим пояснити високу чутливість середньо - та високовуглецевих конструкційних сталей до кристалізаційних тріщин в швах і до холодних в навколошовній зоні? Як вирішуються ці проблеми?
36. Дайте загальну характеристику легованих сталей. Як вони поділяються за ступенем легування і структурою? Які властивості характерні для різних груп легованих сталей?
37. Проаналізуйте умови, при яких можуть виникнути холодні тріщини в навколошовній зоні. При зварюванні яких легованих сталей вони можуть виникнути і чому?
38. Які сталі найбільш чутливі до утворення холодних тріщин? Причини цього.
39. Чим пояснити, що наявність у шві аустенітної структури збільшує стійкість проти утворення холодних тріщин в навколошовній зоні? При зварюванні яких сталей це має важливе значення?
40. Проаналізуйте вплив хімічного складу металу шва на можливе утворення в ньому кристалізаційних тріщин. Приведіть приклади і поясніть причини високої і низької стійкості швів проти утворення таких тріщин для різних груп легованих сталей.
41. Які шляхи використовуються для утворення швів, що не схильні до створення кристалізаційних тріщин при зварюванні легованих сталей?

42. Поясніть причини знеміцнення в зоні термічного впливу. При зварюванні яких матеріалів можна виявити знеміцнення в зоні термічного впливу? Від чого залежить розвиток цього процесу?

43. Чим пояснюється, що при зварюванні легованих термозміцнених сталей однією з важливих проблем їх зварювання є складність забезпечення металу шва, навколошовної зони та зварному з'єднанню в цілому властивостей основного металу? Як вирішується ця проблема?

44. Які види окрихчування металу шва і зони термічного впливу можуть спостерігатися при зварюванні високолегованих сталей? Яким чином можна запобігти цьому? Поясніть на прикладі конкретних сталей.

45. Чому при зварюванні хромонікелевих сталей феритного і аустенітного класів зварні з'єднання в різних ділянках виявляються чутливими до міжкристалічної корозії? Як вирішується ця проблема?

46. Які сталі і чому називають особливо чутливими до росту зерна при зварюванні?

47. Дайте загальну характеристику чавуна – його будові і властивостям. Чому чавун відноситься до важко зварюваних матеріалів?

48. Назвіть особливості теплофізичних властивостей міді та її сплавів.

49. Які проблеми зварювання міді і її сплавів, як вони вирішуються?

50. Чому нікель особливо чутливий до утворення гарячих тріщин і пор в швах? Як вирішують ці проблеми?

51. Перелічіть особливості теплофізичних властивостей алюмінію і його сплавів. Як можна оцінити здатність до зварювання цих матеріалів?

52. Дайте загальну характеристику теплофізичних і механічних властивостей титану та його сплавів. Чому титан і його сплави відносяться до кращих конструкційних матеріалів.

53. Поясніть чому при електродуговому зварюванні важко отримати зварні з'єднання з титану або його сплавів, які б мали високу пластичність? Яким чином удається розв'язати цю проблему?

54. Яким чином формується зона сплавлення при зварюванні сталей, різних по складу і структурному класу. Що таке прошарок перехідного складу і яким шляхом можна уникнути його появи?

55. Які причини виникнення перехідних прошарків дифузійного характеру в зоні сплавлення різнорідних сталей? Як розв'язується ця проблема?

56. Поясніть причину виникнення в зварних вузлах із різнорідних сталей високих залишкових напружень, які не знімаються термообробкою після зварювання. Яким чином можна зменшити величину цих напружень?

57. Перелічіть фактори, які впливають на утворення кристалізаційних тріщин і засоби їх запобігання.

58. Перелічіть фактори, які впливають на утворення холодних тріщин і засоби їх запобігання .

59. Які ви знаєте розрахункові методи визначення стійкості металу проти гарячих тріщин?

60. Які ви знаєте розрахункові методи визначення стійкості металу проти холодних тріщин?

61. Які ви знаєте способи визначення стійкості металу проти переходу в крихкий стан?
62. Перелічіть закономірності сповільненого руйнування металу.
63. Схарактеризуйте механізм утворення кристалізаційних та підсолідусних тріщин.
64. Які фактори впливають на утворення гарячих тріщин?
65. Назвіть і дайте характеристику способам запобігання утворенню гарячих тріщин при зварюванні вуглецевих та низьколегованих сталей.
66. Як впливають хімічний склад, хімічна та фізична мікро неоднорідність металу шва, температура та режим зварювання на стійкість проти гарячих тріщин?
67. Схарактеризуйте існуючі розрахункові та експериментальні методи визначення стійкості металу проти гарячих тріщин.
68. Які способи запобігання утворенню гарячих тріщин при зварюванні хромонікелевих аустенітних сталей існують?
69. Схарактеризуйте механізм утворення холодних тріщин.
70. Які фактори впливають на утворення холодних тріщин?
71. Які способи запобігання утворенню холодних тріщин існують?
72. Дайте характеристику розрахунковим та експериментальним методам визначення стійкості металу проти холодних тріщин.
73. Які структурні перетворення аустеніту гартованих сталей та способи регулювання структури металу навколошовної зони існують?
74. Як розраховують режим зварювання та необхідну температуру попереднього підігріву для гартованих сталей?
75. Яка роль діаграм АРА та як їх використовують при зварюванні?