

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Кораблебудівний навчально-науковий інститут
Кафедра зварювального виробництва



ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з науково-
педагогічної роботи

[Signature] Слободян С.О.

T71619

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Program of the Discipline

Спеціальні способи зварювання та паяння матеріалів
Special methods of welding and brazing materials

рівень вищої освіти *перший (бакалаврський)*

тип дисципліни *основа*

мова викладання *українська*

Робоча програма навчальної дисципліни (РПНД) "Спеціальні способи зварювання та паяння матеріалів" є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво», спеціальності G9 «Прикладна механіка», освітня програма "Інженіринг зварювання та споріднених процесів", кваліфікація – бакалавр з прикладної механіки.

"__" _____ 2026 року. 27 с.

Розробник: КОСТИН О.М., канд. техн. наук, професор НУК, професор кафедри зварювального виробництва

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Спеціальні способи зварювання та паяння матеріалів" узгоджено з гарантом освітньої програми

Гарант освітньої програми "Інженіринг зварювання та споріднених процесів"
канд. техн. наук, професор НУК  О.М. Костін

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Спеціальні способи зварювання та паяння матеріалів" розглянуто на засіданні кафедри зварювального виробництва

Протокол № 10 від « 3 » 04 2026 р.

в.о. завідувача кафедри

 С.В. Драхун

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Спеціальні способи зварювання та паяння матеріалів" розглянуто Науково-методичною комісією кораблебудівного навчально-наукового інституту

Протокол № 8 від « 14 » 04. 2026 р.

Голова

 О.П. Ястреба

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Спеціальні способи зварювання та паяння матеріалів" погоджено з навчальним відділом

Начальник відділу

 А.В. Лабарткова

Робоча програма навчальної дисципліни "Спеціальні способи зварювання та паяння матеріалів" затверджена Навчально-методичною радою НУК

Протокол № 4 від « 29 » 04. 2026 р.

Голова НМР НУК

 С.О. Слободян

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	6
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування	15
7. Форми поточного та підсумкового контролю	16
8. Критерії оцінювання результатів навчання	19
9. Засоби навчання	20
10. Рекомендовані джерела інформації	21
11. Додаток.....	23

ВСТУП

Анотація

Освітньою програмою “Інжиніринг зварювання та споріднених процесів” підготовки бакалаврів передбачено набуття студентами знань про розвиток спеціальних способів зварювання, їх суті, особливостей, обладнання і технологій зварювання плавленням і в твердому стані з використанням різних джерел енергії, в тому числі висококонцентрованих, як для зварювання, паяння так і споріднених процесів. У зв'язку з цим, студенти повинні мати компетенції, які достатні для розробки ефективних спеціальних технологій зварювання, паяння та споріднених процесів, які забезпечать якісне з'єднання широкого спектру матеріалів для вирішення конкретних виробничих завдань.

Програма навчальної дисципліни “Спеціальні способи зварювання та паяння матеріалів” розрахована на студентів, які є компетентними в матеріалознавстві та класичних технологіях з'єднання сталей, сплавів та інших матеріалів.

Комплекс набутих компетентностей з даної дисципліни сприяє розв'язанню важливих практичних задач в кораблебудуванні, газотурбобудуванні, енергетиці, новій техніці тощо.

Ключові слова: зварювання, паяння, з'єднання, структура, механічні властивості, спеціальні технології

Abstract

The educational program “Welding and Related Processes Engineering” for bachelors provides for students to acquire knowledge about the development of special welding methods, their essence, features, equipment and technologies for fusion and solid state welding using various energy sources, including highly concentrated ones, for welding, brazing and related processes. In this regard, students must have competencies that are sufficient to develop effective special technologies for welding, brazing and related processes that will ensure high-quality joining of a wide range of materials to solve specific production tasks.

The program of the academic discipline “Special Methods of Welding and Brazing of Materials” is designed for students who are competent in materials science and classical technologies for joining steels, alloys and other materials.

The complex of acquired competencies in this discipline contributes to solving important practical problems in shipbuilding, gas turbine construction, energy, new technology, etc.

Keywords: welding, soldering, connection, structure, mechanical properties, special technologies

1. Опис навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчан-ня	заочна форма навчан-ня
Кількість кредитів – 8,0: 4 (7 семестр); 4 (8 семестр)	Галузь знань G - Інженерія, виробництво та будівництво	Обов’язкова	
Модулів – 2		Рік підготовки:	
Змістових модулів – 4		4-й	4-й
Інтернет-адреса розміщення програми: https://nuos.edu.ua/studentu/polozheniya-nuk/opis-opp/	Спеціальність G9 - Прикладна механіка Освітня програма «Інжиніринг зварювання та споріднених процесів»	Семестр:	
Індивідуальне науково-дослідне завдання: ---		7, 8-й	7, 8-й
Загальна кількість годин – 240		Лекцій:	
		60 год. (30+30)	24 год. (10+14)
		Практичні:	

		Лабораторні:	
Тижневих годин для денної форми навчання: Аудиторних: – 3 (7-й семестр); – 4 (8-й семестр). Самостійної роботи студента: – 5 (7-й семестр); – 4 (8-й семестр).	Освітній рівень: перший (бакалаврський)	Самостійна робота:	
		135 год. (75+60)	196 год. (104+92)
		Індивідуальні завдання (КР): ---	
		Види контролю: модуль 1 - залік; модуль 2 - екзамен	
		Форма контролю: комбінована	

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни “Спеціальні способи зварювання та паяння матеріалів” є формування у студентів відповідно до освітньої програми таких компетентностей:

ЗК 2 - Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;

ФК 2 - Здатність робити оцінки параметрів працездатності матеріалів, конструкцій і машин в експлуатаційних умовах та знаходити відповідні рішення для забезпечення заданого рівня надійності конструкцій і процесів, в тому числі і за наявності деякої невизначеності;

ФК 3 - Здатність проводити технологічну і техніко-економічну оцінку ефективності використання нових технологій і технічних засобів;

ФК 10 - Здатність описувати та класифікувати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні основних механічних теорій та практик, а також базових знаннях суміжних наук;

ФК 11 - Здатність використовувати знання в галузі фізико-хімічних, термодформаційних та металургійних процесів для обґрунтованого призначення способів і технологічних параметрів зварювання і споріднених процесів.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами вивчення дисципліни “Спеціальні способи зварювання та паяння матеріалів” є наявність у студентів компетентностей в матеріалознавстві та класичних технологіях з'єднання сталей, сплавів та інших матеріалів.

4. Очікувані результати навчання

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

РН 17 - Знання про фізико-технологічні властивості процесів отримання з'єднань або поверхонь;

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

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1 - Спеціальні способи зварювання.

Змістовний модуль 1. Теоретичні та технологічні основи спеціальних способів зварювання у твердому стані.

Тема 1. Вступ. Предмет та зміст дисципліни. Проблеми, що виникають при зварюванні конструкцій і виробів внаслідок особливостей їх матеріалів та умов роботи. Роль поверхневих фізико-хімічних процесів та пластичної деформації при зварюванні у твердому стані. Узагальнена схема утворення з'єднань при

зварюванні у твердому стані. Основні стадії процесу зварювання [1], с. 6-9; [2], с. 7-112; [6], с. 37-50, 55-65; [14], с. 86-87.

Тема 2. Особливості різних способів зварювання у твердому стані. Класифікація спеціальних способів зварювання у твердому стані за основними процесами і контрольованими параметрами режиму [1], с. 9-107; [2], с. 113-123.

Тема 3. Дифузійне зварювання у вакуумі. Суть способу, особливості та схеми процесу. Основні параметри режиму зварювання та їх вплив на властивості з'єднань. Механізм утворення фізичного контакту поверхонь, що з'єднуються. Рівняння повзучості. Розподіл пластичних деформацій по перерізу деталей. Роль пластичних деформацій у процесах активації поверхонь та об'ємної взаємодії [1], с. 111-144; [2], с. 242-245; [7], с. 41-46; [13], с. 51-57; [14], с. 98-100.

Тема 4. Обладнання для дифузійного зварювання. Основні вузли установок. Електровакуумне обладнання. Зварювання металів, неметалів, різнорідних металів та металів з неметалами. Перспективні способи дифузійного зварювання з керованим напружено-деформованим станом та іншими способами інтенсифікації процесу зварювання. Зварювання прокатуванням, мікрозварювання тиском тощо [1], с. 170-191; [2], с. 260-284; [6], с. 244-248; [7], с. 11-24, 41-46; [12], с. 178-183; [14], с. 98-100.

Тема 5. Холодне зварювання. Суть і параметри процесу. Типи зварних з'єднань. Матеріали, що зварюються. Обладнання та сфери застосування. Ультразвукове зварювання. Магнітострикційний ефект. Параметри процесу. Технологія зварювання. Ультразвукові генератори. Промислове використання [1], с. 19-52; [2], с. 123-168; [5], с. 12-34; [14], с. 100-104.

Тема 6. Зварювання тертям. Схеми зварювання. Зварювання тертям з перемішуванням металу. Основні параметри режимів зварювання. Обладнання, технології та область використання зварювання тертям [1], с. 53-77; [2], с. 169-199; [7], с. 34-40; [14], с. 96-98.

Тема 7. Зварювання вибухом. Технологічні схеми зварювання. Необхідні умови зварювання. Особливості та застосування зварювання вибухом. Ударне зварювання металів у вакуумі. Магніто-імпульсне зварювання, технологія, споріднені до нього способи зварювання [1], с. 95-110; [2], с. 221-241; [14], с. 105-108.

Тема 8. Високочастотне зварювання. Поверхневий ефект та ефект близькості при використанні струмів високої частоти. Схема зварювання при індукційному та кондукційному нагріванні. Параметри режиму, роль частоти струму при нагріванні. Особливості і сфери застосування високочастотного зварювання [1], с. 78-94; [2], с. 200-220; [7], с. 25-34.

Змістовний модуль 2. Спеціальні способи зварювання плавленням з використанням висококонцентрованих джерел енергії.

Тема 9. Застосування при зварюванні плавленням висококонцентрованих джерел енергії, їх енергетичні характеристики. Суть електронно-променевого

зварювання. Електронно-променеві гармати, електронно-оптичні системи формування та керування променю [1], с. 194-220; [2], с. 285-322; [7], с. 57-66; [9], с. 48-51; [14], с. 91-93.

Тема 10. Технологічні основи електронно-променевого зварювання. Параметри режиму та їх вплив на форму проплавлення металу. Зварювання вертикальним, горизонтальним та розгорнутим променем. Зварювання великих товщин металу [1], с. 221-224; [2], с. 323-327; [7], с. 57-66; [9], с. 46-107; [14], с. 91-93.

Тема 11. Обладнання для електронно-променевого зварювання. Розрахунок параметрів режиму зварювання. Технологія і застосування електронно-променевого зварювання [1], с. 215-220; [2], с. 312-322; [7], с. 57-66; [9], с. 61-67, 71-76, 89-92.

Тема 12. Суть та формування лазерного променю, типи сучасного лазерного обладнання. Три групи способів лазерного зварювання залежно від щільності потужності променю. Газові та напівпровідникові лазерні установки [1], с. 225-232, 252-256; [2], с. 328-336, 361-365; [7], с. 67-73; [9], с. 109-112; [14], с. 93-96.

Тема 13 Параметри режиму лазерного зварювання та їх вплив на форму проплавлення. Застосування лазерного зварювання та різання. Гібридні технології зварювання та споріднених процесів [1], с. 233-251, 256-257, 278-290; [2], с. 337-360, 365-367; [7], с. 57-66; [9], с. 112-115; [14], с. 93-96.

Тема 14. Плазмове та мікроплазмове зварювання та різання. Застосування плазмового зварювання та різання. Гібридні технології зварювання та споріднених процесів [1], с. 257-277, 291-293; [2], с. 368-392; [7], с. 47-56; [8], с. 158-162; [9], с. 137-139; [14], с. 87-90, 108-118.

Тема 15. Способи зварювання та різання під водою. Сутність, фізичні особливості процесів, матеріали, обладнання та застосування [1], с. 294-310; [2], с. 393-420.

Модуль 2. Сутність, застосування, фізико-хімічні основи та способи паяння.

Змістовний модуль 1. Теоретичні та технологічні основи паяння та його використання.

Тема 1. Сутність паяння. Будова спаяних з'єднань. Області застосування паяння. Особливості технологічного процесу. Низько- та високотемпературне паяння. Фізико-хімічні процеси при паянні. Змочування та розтікання припоїв. Рівняння Юнга (друге рівняння капілярності) і Лапласа (перше рівняння капілярності). Взаємодія припою з основним металом [3], с. 13-25; [4], с. 24-60; [5], с. 12-23, 62-64; [14], с. 147-150.

Тема 2. Контактне плавлення металів та діаграми стану. Закономірності процесів розчинення. Міжкристалітне проникнення припоїв. Кристалізація

спаяного шва, її механізми та закономірності формування спаяного з'єднання. Рівняння дифузії при паянні [3], с. 26-50, 327-337; [4], с. 52-78, 102-115, 147-158.

Тема 3. Міжнародні та державні стандарти на паяння. Способи паяння за процесами формування спаяного шва. Класифікація способів паяння за джерелами теплоти. Обладнання для паяння [3], с. 52-94; [4], с. 5-23; [5], с. 62-65; [14], с. 149-150.

Тема 4. Паяння в газових середовищах, парах металів та вакуумі. Механізми видалення оксидів. Абразивне, абразивно-кавітаційне та ультразвукове паяння. Паяльні флюси, їх класифікація та вимоги до них. Механізми видалення оксидних плівок. Самофлюсуючі припої [3], с. 95-118, 150-152; [4], с. 24-38, 46-52, 144-145; [14], с. 153-154.

Тема 5. Припої та вимоги до них, способи їх виготовлення. Аморфні припої. Принципи розробки та вибору припоїв з використанням діаграм стану двокомпонентних та багатокомпонентних систем [3], с. 120-134, 327-337; [4], с. 121-127, 147-155.

Тема 6. Принципи розробки та вибору багатокомпонентних припоїв. Діаграми плавкості багатокомпонентних систем. Прогнозування діаграм плавкості з використанням статистичних методів. Вибір адгезійно-активних добавок [3], с. 135-153; [4], с. 116-120, 158; [10], с. 2-5.

Тема 7. Низькотемпературні припої на основі систем з галієм, вісмутом, індієм, оловом, свинцем, кадмієм, цинком. Припої на основі алюмінію, срібла, міді [3], с. 154-170; [4], с. 116-127, 139-140.

Тема 8. Високотемпературні припої на основі нікелю. Дво-та багатокомпонентні системи. Інші припої загального призначення [3], с. 171-185, 331-337; [4], с. 141-143, 154-158.

Змістовний модуль 2. Типи спаяних з'єднань та технологія паяння.

Тема 9. Типи спаяних з'єднань та особливості їх розрахунку та конструювання. Міцність спаяних з'єднань, механічні випробування та вплив прошарку припою на їх працездатність [3], с. 186-203; [4], с. 5-23; [5], с. 12-39, 62-65, 190-201; [6], с. 37-64.

Тема 10. Власні напруження і деформації у спаяних з'єднаннях. Механізм та основні причини утворення, методи розрахунку та регулювання. Основи проектування конструкції та вибору термічного циклу та інших технологічних параметрів паяння [3], с. 204-227; [4], с. 78-101; [5], с. 201-214, 232-235.

Тема 11. Технологія паяння. Загальні положення. Підготовка до паяння. Паяння, обробка та контроль якості після паяння. Паяння низькотемпературними припоями. Технологія паяння високолегованих сталей [3], с. 228-235, 305-318; [4], с. 5-23; [14], с. 154-158.

Тема 12. Технологія паяння жароміцних нікелевих сплавів, міді, алюмінію, магнію та їх сплавів. Паяння титану і його сплавів, цирконію, ніобію, молібдену, вольфраму та інших тугоплавких металів та їх сплавів [3], с. 236-269; [4], с. 102-127; [9], с. 117-148, 156-158; [14], с. 156-158.

Тема 13. Технологія паяння різнорідних металів, композиційних, інтерметалідних та надтвердих матеріалів. Проблеми паяння металів з неметалами. Активне паяння металів з неметалами. Узгоджені та неузгоджені спаї [3], с. 270-305; [4], с. 121-128; [9], с. 136-148.

Тема 14. Металізація кераміки. Технологія багатоступеневого паяння металів з неметалами. Основні вимоги до охорони праці при паянні [3], с. 287-305; 312-318; [11], с. 2-5.

Тема 15. Контроль якості спаяних з'єднань. Руйнівні та неруйнівні методи випробувань. Нормативні документи. Перспективи використання паяння у промисловості [3], с. 305-312; [5], с. 194-201; [9], с. 149-156.

Структура навчальної дисципліни

Назви модулів, змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				Усього	у тому числі			
		л	л. р.	п.з.	с.р.		л	л.р.	п.з.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Модуль 1 - Спеціальні способи зварювання.										
Змістовний модуль 1. Теоретичні та технологічні основи спеціальних способів зварювання у твердому стані.										
Тема 1. Вступ. Предмет та зміст дисципліни. Узагальнена схема утворення з'єднань при зварюванні у твердому стані.	7	2			5		6			7
Тема 2. Особливості та класифікація спеціальних способів зварювання у твердому стані.	7	2			5					6
Тема 3. Дифузійне зварювання у вакуумі. Основні параметри режиму зварювання та властивості з'єднань.	8	2	2		4			1		6
Тема 4. Обладнання для дифузійного зварювання. Зварювання прокатуванням, мікрозварювання тиском тощо.	8	2	1		5					7
Тема 5. Холодне зварювання. Ультразвукове зварювання. Параметри процесу та технологія зварювання.	8	2	2		4					7
Тема 6. Зварювання тертям. Обладнання, технології та область використання зварювання тертям.	7	2	1		4					7
Тема 7. Зварювання вибухом. Ударне зварювання металів у вакуумі. Магніто-імпульсне зварювання.	7	2			5					6
Тема 8. Високочастотне зварювання. Особливості і сфери застосування високочастотного зварювання.	8	2	2		4			1		6
Разом за змістовим модулем 1	60	16	8		36	60	6	2		52
Змістовний модуль 2. Спеціальні способи зварювання плавленням з використанням висококонцентрованих джерел енергії.										
Тема 9. Електронно-променеве зварювання. Обладнання та сутність процесу зварювання.	9	2	1		6			1		8
Тема 10. Технологічні основи електронно-променевого	8	2	1		5			1		7

зварювання.										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тема 11. Обладнання для електронно-променевого зварювання. Розрахунок параметрів режиму зварювання.	8	2	1		5		4			7
Тема 12. Формування лазерного променя, типи сучасного лазерного обладнання. Три групи способів зварювання.	9	2	1		6					7
Тема 13. Застосування лазерного зварювання та різання. Гібридні технології зварювання та споріднених процесів.	9	2	1		6			1		8
Тема 14. Плазмове та мікроплазмове зварювання та різання. Гібридні технології зварювання та споріднених процесів.	9	2	2		5			1		8
Тема 15. Способи зварювання та різання під водою. Сутність, фізичні особливості процесів, матеріали, обладнання.	8	2			6					7
Разом за змістовим модулем 2	60	14	7		39	60	4	4		52
Разом за модулем 1	120	30	15		75	120	10	6		104
Модуль 2. Сутність, застосування, фізико-хімічні основи та способи паяння.										
Змістовий модуль 1. Теоретичні та технологічні основи паяння та його використання.										
Тема 1. Сутність паяння. Будова спаяних з'єднань. Області застосування паяння. Особливості технологічного процесу.	7	2	2		3		7	1		5
Тема 2. Контактне плавлення металів та діаграми стану. Закономірності процесів розчинення та кристалізації.	7	2	2		3					6
Тема 3. Способи паяння за процесами формування спаяного шва. Класифікація способів паяння та обладнання.	7	2	2		3			1		6
Тема 4. Абразивне, абразивно-кавітаційне та ультразвукове паяння. Паяльні флюси, їх класифікація та вимоги до них.	8	2	2		4			1		6
Тема 5. Припої та вимоги до них, способи їх виготовлення. Аморфні припої. Принципи розробки та вибору припоїв.	8	2	2		4			1		6
Тема 6. Діаграми плавкості багатокомпонентних систем. Вибір адгезійно-активних добавок.	8	2	2		4			1		6
Тема 7. Припої на основі галію, вісмуту, індію, олова, свинцю, кадмію, цинку, алюмінію, срібла, міді.	8	2	2		4			1		6
Тема 8. Високотемпературні припої на основі нікелю та	7	2	2		3			1		5

інші дво-та багатокомпонентні системи.										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Разом за змістовим модулем 1	60	16	16		28	60	7	7		46
Змістовий модуль 2. Типи спаяних з'єднань та технологія паяння.										
Тема 9. Типи спаяних з'єднань, міцність, механічні випробування та їх працездатність.	8	2	2		4		7	1		6
Тема 10. Власні напруження і деформації у спаяних з'єднаннях. Механізм та основні причини утворення.	9	2	2		5			1		7
Тема 11. Технологія паяння. Загальні положення. Підготовка до паяння. Паяння, обробка та контроль якості після паяння.	9	2	2		5			1		7
Тема 12. Паяння нікелевих сплавів, міді, алюмінію, магнію та їх сплавів, титану, цирконію, ніобію, молібдену, вольфраму та інших тугоплавких металів та їх сплавів.	9	2	2		5			1		7
Тема 13. Паяння різнорідних металів, композиційних, інтерметалідних та надтвердих матеріалів, металів з неметалами. Узгоджені та неузгоджені спаї.	9	2	2		5			1		7
Тема 14. Металізація кераміки та технологія багатоступеневого паяння металів з неметалами. Основні вимоги до охорони праці при паянні.	8	2	2		4			1		6
Тема 15. Контроль якості спаяних з'єднань. Руйнівні та неруйнівні методи випробувань. Нормативні документи. Перспективи використання паяння у промисловості.	8	2	2		4			1		6
Разом за змістовим модулем 2	60	14	14		32	60	7	7		46
Разом за модулем 2	120	30	30		60	120	14	14		92
Усього годин з навчальної дисципліни	240	60	45		135	240	24	20		196

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

Теми лабораторних занять

№ з/П	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
Модуль 1 - Спеціальні способи зварювання.		
1	Холодне зварювання металів [7], с. 5-10.	2
2	Обладнання для зварювання у вакуумі [7], с. 11-24.	2 (*1)
3	Зварювання струмами високої частоти [7], с. 25-33.	2 (*1)
4	Зварювання тертям [7], с. 34-40.	2
5	Дифузійне зварювання у вакуумі [7], с. 41-46.	2 (*1)
6	Плазмове зварювання і різання металів [7], с. 47-56.	2 (*1)
7	Електронно-променеве зварювання металів [7], с. 57-66.	2 (*1)
8	Лазерне різання металів [7], с. 67-73.	1 (*1)
Разом за модулем 1		15 (*6)
Модуль 2. Сутність, застосування, фізико-хімічні основи та способи паяння.		
1	Способи паяння та джерела теплоти [4], с. 5-23.	4 (*2)
	Дослідження крайового кута змочування і розтікання припою по поверхні твердого тіла [4], с. 24-37.	4 (*2)
2	Дослідження впливу величини зазору при паянні на висоту підняття і затікання припою в зазор [4], с. 38-45.	2 (*2)
3	Дослідження поверхневого натягу рідин та розплавів [4], с. 46-51.	2
4	Дослідження процесу утворення інтерметалідного прошарку при паянні [4], с. 52-59.	2
5	Дослідження розчинення припоєм основного металу [4], с. 60-77.	2
6	Дослідження впливу величини напустку та паяльного зазору на міцність спаяного з'єднання [4], с. 78-92.	4 (*2)
7	Дослідження власних напружень і деформацій при паянні різнорідних матеріалів [4], с. 93-101.	4 (*2)
8	Дослідження дифузійного паяння та паяння з тиском [4], с. 102-115.	2 (*2)
9	Дослідження паяння композиційними припоями [4], с. 116-120.	2 (*2)
10	Дослідження контактно-реактивного паяння [4], с. 121-127.	2
Разом за модулем 2		30 (*14)
Усього з навчальної дисципліни		45 (*20)

Примітка: *для заочної форми навчання.

Самостійна робота
Розподіл годин самостійної роботи

7 з/п	Вид роботи	Кількість годин		
		Норматив	Денна форма	Заочна форма
Модуль 1				
1	Підготовка до лекційних занять	1 (2) год. на 1 лек.	10	24
2	Підготовка до лабораторних занять	підготовка до лабораторних занять – до 3 (4) год. на 1 роб.	15	20
3	Підготовка до поточного модульного контролю	підготовка до контрольних заходів – 15 (30) год. на 1 захід	20	-
4	Підготовка до заліку		30	30
5	Виконання контрольної роботи	до 30 год. на 1 роб.	-	30
Разом за модулем 1			75	104
Модуль 2				
1	Підготовка до лекційних занять	1 (2) год. на 1 лек.	10	20
2	Підготовка до лабораторних занять	підготовка до лабораторних занять – до 3 (4) год. на 1 роб.	20	22
3	Підготовка до поточного модульного контролю	підготовка до контрольних заходів – 15 (30) год. на 1 захід	10	-
4	Підготовка до екзамену		20	20
5	Виконання контрольної роботи	до 30 год. на 1 роб.	-	30
Разом за модулем 2			60	92
Усього з навчальної дисципліни			135	196

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Методи навчання:

- лекція;
- лабораторна робота;
- дослідницький.

Засобами діагностики результатів навчання та методами їх демонстрування є:

- - метод евристичних питань (МЕВ);
- стандартизовані тести;
- завдання на лабораторному обладнанні;
- комплексний іспит.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного іспиту (заліку).

Питома вага заключного іспиту (заліку) в загальній системі оцінок - **40 балів**. Право здавати заключний іспит (залік) дається студенту, який з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок набирає не менше **60 балів**. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки іспиту (заліку).

Поточний контроль проводиться на кожному лабораторному занятті та за результатами виконання завдань самостійної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) під час виконання завдань лабораторних робіт.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, які заплановані РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, яка передбачена чинним законодавством.

Форми контролю результатів навчальної діяльності студентів та їх оцінювання

Лабораторна робота (для денної та заочної форми навчання)

Бал	Критерії оцінювання
1	2
5	Робота самостійно виконана у встановлений термін, чітко сформульовані цілі, завдання та гіпотеза досліджень. Застосовувалися коректні методи обробки отриманих результатів (розрахунків) та проведений аналіз результатів.
4	Робота виконана у встановлений термін. Студент виконав лабораторну роботу відповідно інструкції, іноді після консультації викладача; описав спостереження; виконав розрахунки, в цілому правильно склав звіт та зробив висновки.
3	Робота виконана з порушенням встановлених термінів відповідно інструкції, іноді після консультації з викладачем; описав спостереження,

	виконав розрахунки, але складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
1	2
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів відповідно інструкції; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
1	Робота виконана з порушенням встановлених термінів під керівництвом викладача; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
0	Робота не виконувалася.

Поточний модульний контроль у формі тестування

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Бал	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Форма контролю	Максимальна кількість балів		Максимальна кількість балів	
	Денна форма		Заочна форма	
	1-й модуль	2-й модуль	1-й модуль	2-й модуль
Виконання лабораторних робіт	$8 \times 5 = 40$	$10 \times 5 = 50$	$6 \times 5 = 30$	$6 \times 5 = 30$
Поточний модульний контроль	$2 \times 10 = 20$	$1 \times 10 = 10$	---	---
Контрольна робота	---	---	30	30
Всього	60	60	60	60

Контрольна робота (для заочної форми навчання)

Бал	Критерії оцінювання
1	2
25-30	Робота виконана у встановлений термін. Матеріал викладено у достатньому обсязі, аргументовано і у правильній послідовності. Використані не тільки рекомендовані джерела інформації, а й новітні, самостійно знайдені у періодичних виданнях та в інтернет-ресурсах. Правильно сформульовані узагальнюючі висновки. Робота достатньо ілюстрована, оформлена акуратно, з дотриманням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи студент вільно орієнтується в матеріалах.
18-24	Робота виконана у встановлений термін. Матеріал викладено у достатньому обсязі та логічно. Використані рекомендовані джерела інформації. Правильно сформульовані узагальнюючі висновки. Робота оформлена акуратно, з дотриманням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи студент орієнтується в матеріалах, у відповідях є неточності.
12-17	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Матеріал викладено у правильній послідовності, але недостатньо повно. Недостатньо використані рекомендовані джерела інформації.

	Висновки сформульовані формально або не зв'язані з матеріалами роботи. В оформленні роботи є порушення вимог до технічної документації. Під час захисту роботи студент в цілому орієнтується в матеріалах, у відповідях є помилки та неточності.
1	2
6-11	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Матеріал викладено безсистемно, висновки сформульовані формально або відсутні. Робота оформлена неохайно, з порушенням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи студент слабо орієнтується в матеріалах, у відповідях є помилки.
1-5	Робота виконана з порушенням встановлених термінів зі значною кількістю грубих помилок. Відповіді на питання переважно неправильні.
0	Роботу не виконано.

Підсумковий контроль у формі комплексного іспиту (заліку)

Підсумковий контроль складається з тестування (10 тестових завдань) та усної відповіді на 3 контрольних питання.

Тестування

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Бал	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Усна відповідь (1 питання - 10 балів)

Бал	Критерії оцінювання
1	2
9-10	Студент вільно володіє матеріалом, знає основи спеціальних способів зварювання, паяння та споріднених процесів, їх суті, особливостей, обладнання та технологій з використанням різних джерел енергії, в тому числі висококонцентрованих, для з'єднання металічних, композиційних та неметалічних матеріалів в однорідному та різнорідному поєднаннях.
7-8	Студент володіє матеріалом, знає основи спеціальних способів зварювання, паяння та споріднених процесів, їх суті, особливостей, обладнання та технологій з використанням різних джерел енергії, в тому числі висококонцентрованих, для з'єднання металічних, композиційних та неметалічних матеріалів в однорідному та різнорідному поєднаннях.
5-6	Студент володіє матеріалом, орієнтується в основах спеціальних способів зварювання, паяння та споріднених процесів, їх суті, особливостей, обладнання та технологій з використанням різних джерел енергії, в тому числі висококонцентрованих, для з'єднання металічних, композиційних та неметалічних матеріалів в однорідному та різнорідному поєднаннях.

3-4	Студент в цілому володіє матеріалом, орієнтується в основах спеціальних способів зварювання, паяння та споріднених процесів, їх суті, особливостей, обладнання та технологій з використанням різних джерел енергії, в тому числі висококонцентрованих, для з'єднання металічних, композиційних та неметалічних матеріалів в однорідному та різнорідному поєднаннях.
1	2
1-2	Студент в цілому має уявлення про основи спеціальних способів зварювання, паяння та споріднених процесів, їх суті, особливостей, обладнання та технологій з використанням різних джерел енергії, в тому числі висококонцентрованих, для з'єднання металічних, композиційних та неметалічних матеріалів в однорідному та різнорідному поєднаннях.
0	Студент не орієнтується у матеріалах питання, не може відповісти на додаткові питання за змістом навчальної дисципліни

8. Критерії оцінювання результатів навчання

Модуль 1

№№ змістового модуля і теми		Денна форма		Заочна форма	
		Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів
ЗМ 1	T1÷8	Лабораторні роботи № 1 ÷ 4	$4 \times 5 = 20$	Лабораторні роботи № 2, 3, 5	$3 \times 5 = 15$
ПМК		Тест № 1	10	---	
ЗМ 2	T9÷15	Лабораторні роботи № 5 ÷ 8	$4 \times 5 = 20$	Лабораторні роботи № 6, 7, 8	$3 \times 5 = 15$
ПМК		Тест № 2	10	---	
-		Контрольна робота	---	Контрольна робота	30
Підсумковий контроль		Комплексний іспит (залік)	40	Комплексний іспит (залік)	40
Сума			100		100

Модуль 2

№№ змістового модуля і теми		Денна форма		Заочна форма	
		Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів
ЗМ 1	T1÷8	Лабораторні роботи № 1 ÷ 5	$5 \times 5 = 25$	Лабораторні роботи № 1, 2, 6	$3 \times 5 = 15$
ПМК		Тест № 1	10	---	
ЗМ 2	T9÷15	Лабораторні роботи № 6 ÷ 10	$5 \times 5 = 25$	Лабораторні роботи № 7 ÷ 9	$3 \times 5 = 15$
-		Контрольна робота	---	Контрольна робота	30

Підсумковий контроль	Комплексний іспит	40	Комплексний іспит	40
Сума		100		100

9. Засоби навчання

1. Діючі зразки устаткування:

1.1. Вакуумні насоси: механічний насос НВЗ-20, форвакуумний насос ВН-1МГ, бустерний насос БН-3, дифузійний насос Н5-СМ1, електродуговий насос АВЕД-40/80.

1.2. Вакуумне устаткування: установка УДСВ-ДТ, надвисоковакуумний комплекс ВВУ-1Д, височастотний генератор ЛПЗ-2-67, вакуумна електропіч СНВ-1,3.1/20И1.

1.3. Плазморізальні машини NUMOREX, TELEREX, «Кристалл-ПЛ-2.5».

1.4. Установка електронно-променевого зварювання БСГ-КЛ-190 на ДП НВКГ «Зоря-Машпроект».

1.5. Установка лазерного різання «Bystar-3015-3» на ДП НВКГ «Зоря-Машпроект».

1.6. Верстат СТС – 2М, установка NS 20G, гідравлічний прес до 30,0 кН.

1.7. Багатофункціональне джерело живлення PS-5000.

1.8. Мікроскоп «Неофот-21», мікроскоп - мікроаналізатор РЭММА-102-02.

1.9. Твердоміри ТП-7Р-1, ПМТ-3.

1.10. Відрізний верстат, шліфувальний верстат, токарний верстат тощо.

1.11. Сканер HP Skanjet 4470 c, ноутбук ASER Aspire V5-552G.

2. Матеріали:

2.1. Припої олов'яно-свинцеві, мідні та нікелеві типу ПОС40, ПОС61, ПМЦ36, ЛОК59-1-03, НС12, ВПр7, ВПр11 тощо.

2.2. Флюси: каніфольний (40%-й спиртовий розчин), водний розчин хлористого цинку концентрацій 5...50 %, № 201, 209, фтористий амоній, фторборат амонію, захисні гази та суміші тощо.

2.3. Зразки зі сталей, титанових та жароміцних нікелевих сплавів, міді, алюмінію тощо.

2.4. Шліфувальний папір, алмазні пасти № 10/7; 5/3; 2/1., гас, спирт, ацетон ганчір'я тощо.

2.5. Реактиви для хімічного травлення мікрошліфів.

3. Контрольно-вимірювальна апаратура, інструменти:

3.1. Термопари хромель-алюмель, мультиметр универсальный Uni-T UT196, професійний мультиметр із термопарою PROTESTER PM64.

3.2. Ваги лабораторні, лінійка, секундомір, штангенциркуль, мікрометр, універсальний шаблон зварювальника УШС-3 (або УШС-4).

3.2. Амперметри, вольтметри, осцилографи тощо.

4. Демонстраційні матеріали:

4.1. Слайди: приклади конструкцій та відео спеціалізованих інноваційних технологічних процесів зварювання, паяння та споріднених процесів.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Спеціальні способи зварювання: підручник / І.В. Кривцун, В.В. Квасницький, С.Ю. Максимов, Г.В. Єрмолаєв, за загальною редакцією академіка НАН України, доктора технічних наук, професора Б.Є. Патона. - Миколаїв: НУК, 2017. - 348 с.
2. Квасницький, В.В. Спеціальні способи зварювання: навчальний посібник / В.В. Квасницький. – Миколаїв: УДМТУ, 2003. – 437 с.
3. Паяння матеріалів: підручник / Г. В. Єрмолаєв, В. В. Квасницький тощо; за загальною редакцією В. Ф. Хорунова і В. Ф. Квасницького.– Миколаїв : НУК, 2015. – 340 с.
4. Паяння матеріалів. Дослідження фізико-хімічних процесів та технологічних факторів паяння: навчальний посібник / В.В. Квасницький, В.Ф. Квасницький, Б.В. Бугаєнко, Г.В. Єрмолаєв; Під наук. ред. В.Ф. Квасницького. – Миколаїв: НУК, 2006. – 160 с.
5. Міцність зварних та спаяних з'єднань: підручник / В.В. Квасницький, Г.В. Єгоров, Г.В. Єрмолаєв, М.В. Матвієнко за загальною редакцією академіка НАН України, доктора технічних наук, професора Л.М. Лобанова. - Миколаїв: НУК, 2019. - 294 с.
6. Mechanics of joints under diffusion welding and brazing of dissimilar materials under plastic conditions: monography; Edited by G.V. Yermolaev / V.V. Kvasnytskyi, M.V. Korzhyk, V.F. Kvasnytskyi, M.V. Matviienko / Mykolaiv: Publisher Torubara V.V. – 2019. – 254 p.
7. Петренко, Л. М. Збірник лабораторних робіт з курсу «Спеціальні способи зварювання» : навчальний посібник / Л. М. Петренко, В. Ф. Квасницький. Миколаїв : НУК, 2022. – 76 с.

Допоміжна література

8. Костін О.М. Зварювальні матеріали: навч. посібник. – Миколаїв: НУК, 2004. – 225 с.
9. Виробництво зварних конструкцій в судновому газотурбобудуванні / Ю.В. Бутенко, В.Ф. Квасницький тощо, під заг. ред. В.Ф. Квасницького. – Миколаїв, 2014 – 168 с.
10. Спосіб паяння металокерамічних вузлів / В.Ф. Квасницький, В.В. Квасницький, О.М. Костін, Б.В. Бугаєнко // Патент на корисну модель № 67071.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова. Заявл. 23.08.2011, № U 2011 10301. В23К 1/00, В23К 35/30. Опубл. 25.01.2012, Бюл. № 2.

11. Спосіб паяння оксидної кераміки з металом / В.Ф. Квасницький, В.В. Квасницький, О.М. Костін, Г.В. Ермолаєв, Б.В. Бугаєнко, О.В. Лабарткава, А.В. Лабарткава // Патент на корисну модель № 72197. Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова. Заявл. 31.01.2012, № u 2012 01005. В23К 1/00, В23К 35/30. Опубл. 10.08.2012, Бюл. № 15.

12. Вдосконалення технології дифузійного зварювання корпусів електромагнітних клапанів / В.В. Квасницький, Г.В. Ермолаєв, М.В. Матвієнко, Б.В. Бугаєнко, В.Ю. Волошин // Захист металургійних машин від поломок: Зб. наук. праць. – Маріуполь: ПДТУ. – 2006. – Вип. 9. – С. 178 183.

13. Квасницький В.В. Про кінетику утворення з'єднань при дифузійному зварюванні у вакуумі нержавіючої сталі с армко-залізом / В.В. Квасницький // Зб. наук. праць НУК. – 2007. – № 4. – С. 51 57.

14. Технологія конструкційних матеріалів: навчальний посібник / П. І Літовченко, Л. П. Іванова. – Х. : НА НГУ, 2016. – 306 с.

Інформаційні ресурси в інтернет

<http://nuos.edu.ua>

Питання для поточного та підсумкового контролю

Модуль 1 - Спеціальні способи зварювання (7 семестр)

Змістовний модуль 1 - Теоретичні та технологічні основи спеціальних способів зварювання у твердому стані.

1. Умовні стадії утворення з'єднань при зварюванні у твердому стані.
2. Поділ способів зварювання тиском за інтенсивністю силової дії.
3. Роль стану з'єднуваних поверхонь при зварюванні у твердому стані.
4. Утворення фізичного контакту при зварюванні у твердому стані та механізми пластичної деформації.
5. Деформації повзучості при дифузійному зварюванні у вакуумі.
6. Способи активації з'єднуваних поверхонь при зварюванні тиском.
7. Роль дифузійних процесів при зварюванні тиском одноіменних матеріалів.
8. Роль дифузійних процесів при зварюванні тиском різнорідних матеріалів.
9. Деформаційна активація поверхонь з'єднання при холодному зварюванні.
10. Термічна активація поверхонь з'єднання: сублімація оксидів.
11. Термічна активація поверхонь з'єднання: дисоціація оксидів.
12. Термічна активація поверхонь з'єднання за допомогою вуглецю.
13. Умовні стадії утворення з'єднань при зварюванні тиском.
14. Узагальнена схема процесів зварювання тиском.
15. Роль рекристалізації при зварюванні у твердому стані.
16. Величина пластичної деформації при холодному зварюванні.
17. Об'ємна взаємодія металів, що зварюються: дифузія і рекристалізація.
18. Величина пластичної деформації повзучості при дифузійному зварюванні.
19. Умови протікання повзучості матеріалів.
20. Роль вакууму при дифузійному зварюванні.
21. Суть та застосування холодного зварювання.
22. Суть та застосування ультразвукового зварювання.
23. Суть та застосування дифузійного зварювання.
24. Суть та застосування височастотного зварювання.
25. Суть та застосування зварювання вибухом.
26. Суть та застосування зварювання тертям.
27. Суть та застосування зварювання тертям з перемішуванням.
28. Зварювання труб струмами високої частоти.
29. Способи нагрівання металів при дифузійному зварюванні у вакуумі.
30. Параметри режиму дифузійного зварювання у вакуумі.
31. Дифузійне зварювання однорідних і різнорідних металів.
32. Дифузійне зварювання металів з неметалами.
33. Параметри режиму зварювання тертям.
34. Назвіть матеріали, які зварюють холодним зварюванням.

35. Назвіть матеріали, які зварюють дифузійним зварюванням.
36. Суть способу нагрівання металів струмами високої частоти.
37. Особливості зварювання тертям різнорідних матеріалів, пов'язані з різним опором пластичному деформуванню.
38. Які параметри режиму ультразвукового зварювання суттєво впливають на міцність зварного з'єднання.
39. Які способи зварювання у твердому стані відносять до групи способів з низькоінтенсивною силовою дією?
40. Які способи зварювання у твердому стані відносять до групи способів з високоінтенсивною силовою дією?
41. Способи підводного зварювання залежно від середовища, в якому вони виконуються.
42. Сухе підводне зварювання та його застосування.
43. Підводне зварювання з локальним осушенням та його застосування.
44. Особливості мокрого підводного дугового зварювання порівняно зі зварюванням на повітрі.
45. Особливості металургійних процесів при дуговому мокрому зварюванні під водою.
46. Особливості структури з'єднань при підводному мокрому зварюванні.
47. Підводне мокре зварювання електродами і зварювальні матеріали.
48. Механізоване підводне дугове зварювання порошковими дротами.
50. Електродугове різання металів під водою.

Змістовний модуль 2 - Спеціальні способи зварювання плавленням з використанням висококонцентрованих джерел енергії.

1. Електронний промінь та принцип його утворення.
2. Лазерний промінь та принцип його утворення.
3. Плазмові дуга і струмінь, принципи їх утворення та плазмоутворюючі гази.
4. Суть, параметри процесу і формування шва при електронно-променевому зварюванні (ЕПЗ).
5. Типи і структура зварних з'єднань, технологія та застосування ЕПЗ.
6. Параметри режиму ЕПЗ та форма шва.
7. Суть та формування шва при лазерному зварюванні (ЛЗ).
8. Електровакуумне обладнання.
9. Переваги лазерного променя перед сонячним.
10. Монохроматичність лазерного променя.
11. Когерентність лазерного променя.
12. Електронно-променеве обладнання, основні вузли.
13. Мікроплазмове зварювання.
14. Особливості ЕПЗ великих товщин металу.
15. Способи лазерного різання.

16. Газолазерне різання металів.
17. Обладнання для лазерної обробки матеріалів.
18. Зварювання труб дугою, що обертається у магнітному полі.
19. Електродугове зварювання у вакуумі.
20. Зварювання і споріднені технології у космосі.
21. Особливості космічного середовища та їх вплив на формування з'єднань.
22. Типи з'єднань при ЕПЗ.
23. Підготовка стикових з'єднань до ЕПЗ.
24. Підготовка стикових з'єднань до ЛЗ,
25. Застосування мікроплазмового зварювання.
26. Порівняйте погонні енергії зварювання при однаковій товщині листа електричною дугою з неплавким електродом, електронним і лазерним променями.
27. Застосування ЕПЗ на ДП НВКГ "Зоря"—"Машпроект".

Модуль 2. Сутність, застосування, фізико-хімічні основи та способи паяння (8 семестр)

Змістовний модуль 1 - Теоретичні та технологічні основи паяння та його використання.

1. Визначення процесів паяння і лудіння.
2. Будова спаяного з'єднання.
3. Характеристики процесів змочування і розтікання припою.
4. Експериментальне дослідження рівноважних крайових кутів змочування та питомої площі розтікання.
5. Суть процесу розчинення основного металу припоєм з евтектичною діаграмою стану.
6. Ізотермічна кристалізація спаяного шва.
7. Особливості формування з'єднань при паянні готовим припоєм з капілярними зазорами.
8. Суть та особливості контактно-реактивного паяння.
9. Суть та особливості дифузійного паяння.
10. Суть та особливості паяння з тиском.
11. Суть та особливості паяння композиційними припоями.
12. Способи паяння за джерелом тепла.
13. Особливості та область застосування паяння нагрітим інструментом та газами.
14. Особливості та область застосування пічного паяння.
15. Способи нагрівання при паянні у вакуумі.
16. Особливості конструкцій та основні характеристики надвисоковакуумного універсального технологічного комплексу ВВУ-1Д.
17. Захисні газові середовища.

18. Механізми видалення оксидної плівки при паянні у вакуумі.
19. Механізми флюсування оксидів галогенідними флюсами.
20. Боридні, фторборатні та боридно-вуглекислі флюси для паяння.
21. Дайте визначення припою.
22. Основні вимоги до припоїв.
23. Класифікація припоїв за температурою їх розплавлення.
24. Низько- та високотемпературне паяння.
25. Композиційні припої.
26. Аморфні припої.
27. Принципи розробки адгезійно-активних припоїв.
28. Припої евтектичного типу.
29. Припої на основі твердих розчинів при наявності на діаграмі стану мінімальної температури плавлення.
30. Низькотемпературні припої та їх застосування.
31. Готові мідно-цинкові припої.
32. Готові мідно-фосфористі припої.
33. Готові срібні припої.
34. Середньоплавкі алюмінієві припої.
35. Використання двокомпонентних діаграм стану нікель-депресанту високоплавких нікелевих припоях.
36. Як відрізняється міцність припоїв та основного металу і в чому основні переваги напусткових з'єднань перед стиковими?
37. Як визначається міцність стикового спаяного з'єднання ?
38. Як визначається міцність напусткового спаяного з'єднання ?
39. Як визначається необхідна величина напустку для забезпечення рівномірності спаяного з'єднання і з'єднаних елементів?
40. Назвіть основні характеристики міцності спаяних з'єднань.

Змістовний модуль 2 - Типи спаяних з'єднань та технологія паяння.

1. Які причини утворення власних напружень і деформацій при паянні?
2. На якому етапі технологічного процесу паяння з'являються власні напруження і деформації?
3. Які фактори впливають на величину власних напружень і деформацій при паянні?
4. Як впливає температура паяння на рівень залишкових напружень і деформацій?
5. Як впливають власні напруження на форму й працездатність спаяних вузлів?
6. Якими методами можна регулювати залишкові напруження і деформації в спаяних з'єднаннях?
7. Класифікація припоїв за хімічним складом і технологічними властивостями.
8. Загальні положення технології паяння.

9. Низько- та високотемпературне паяння вуглецевих і низьколегованих сталей.
10. Особливості паяння хромонікелевих сталей срібними припоями та припоями ВПр1, ВПр2, ВПр4.
11. Жароміцні нікелеві сплави. Їх основні характеристики, склад, способи зміцнення, структура та функції основних легуючих елементів.
12. Основні групи та деякі марки припоїв для паяння жароміцних нікелевих сплавів.
13. Особливості паяння різнорідних матеріалів.
14. Паяння інструментальних сталей та твердих сплавів.
14. Композиційні матеріали, які отримують методами порошкової металургії, їх застосування та особливості паяння.
16. Узгоджені і неузгоджені металокерамічні з'єднання та їх типи.
17. Способи паяння металів з неметалами.
18. Паяння металів з неметалами адгезійно-активними припоями.
19. Металізація неметалів та її особливості.
20. Дефекти спаяних з'єднань.
21. Способи контролю спаяних з'єднань.
22. Підготовка поверхні металу, що паяється під паяння. Попереднє нанесення технологічних і бар'єрних покриттів, способи нанесення покриттів.
23. Збірка під пайку і способи нанесення припою. Пристосування для пайки.
24. Обробка деталей після паяння. Способи видалення залишків флюсування.
25. Технологічний процес паяння металевих матеріалів, паяння сталей та чавуну.
26. Паяння міді та її сплавів.
27. Паяння алюмінію та його сплавів.
28. Паяння титану та його сплавів.
29. Паяння металів зі склом, керамікою, ферритами, області застосування.
30. Паяння напівпровідників.
31. Паяння графіту з металами, області застосування.
32. Методи механічних випробувань паяних з'єднань.
33. Вітчизняні та міжнародні стандарти, що регламентують процес паяння.