

**Програма підготовки магістрів у галузі знань 13 – "Механічна інженерія"  
із спеціальності 132 – "Матеріалознавство"  
із спеціалізації "Інжиніринг зварювання та споріднених процесів"  
"З'єднання спеціальних сталей, сплавів та інших матеріалів"  
180 год. / 6 кредитів ЕКТС  
(30 год. лекцій, 15 год. лабораторних занять)**

**Навчальний контент**

**Змістовий модуль 1.** Здатність металів до зварювання та зварювання спеціальних сталей

**Тема 1.** Предмет та зміст курсу. Процеси з'єднання матеріалів: зварювання плавленням, тиском, паяння. Особливості цих процесів, недоліки та переваги, застосування. Здатність металів до зварювання. Групи способів визначення здатності металів до зварювання плавленням.

**Тема 2.** Леговані сталі для низьких температур. Загальна характеристика сталей. Особливості зварювання.

**Тема 3.** Леговані теплостійкі сталі. Загальна характеристика сталей. Характеристика зварюваності і рекомендації по зварюванню.

**Тема 4.** Високолеговані корозійностійкі сталі. Загальна характеристика сталей. Хромисті сталі, хромонікелеві сталі. Характеристика зварюваності. Технологічні рекомендації по зварюванню.

**Тема 5.** Високолеговані жароміцні й жаростійкі сталі. Загальна характеристика сталей. Характеристика зварюваності. Технологічні рекомендації по зварюванню.

**Тема 6.** Різномірні сталі і особливості їх зварювання. Основні проблеми зварюваності різномірних сталей. Зварювання сталей одного структурного класу різного легування. Зварювання сталей різного структурного класу.

**Змістовий модуль 2.** Зварювання та паяння кольорових металів і сплавів та неметалів

**Тема 7.** Мідь та мідні сплави. Загальні відомості про зварюваність міді. Мідні сплави та особливості їх зварюваності. Технологічні особливості процесів й рекомендації по зварюванню міді і її сплавів.

**Тема 8.** Нікель і його сплави. Зварюваність і способи зварювання. Технологічні рекомендації по зварюванню.

**Тема 9.** Алюміній і його сплави. Класифікація промислових сплавів алюмінію. Зварюваність алюмінію і його сплавів. Технологія зварювання,

підготовка металу під зварювання і типи з'єднань. Способи та особливості зварювання.

**Тема 10.** Магній та його сплави. Загальна характеристика сплавів, зварюваність і особливості технології. Основні проблеми зварюваності. Підготовка деталей під зварювання і типи з'єднань. Технологічні рекомендації по зварюванню.

**Тема 11.** Титан та титанові сплави. Основні проблеми зварюваності та технологічні особливості зварювання.

**Тема 12.** Зварювання різнорідних металів. Проблеми зварюваності. Зварювання плавленням сталі з кольоровими металами. Зварювання різнорідних кольорових металів і сплавів.

**Тема 13.** Способи паяння за формуванням шва та джерелами нагрівання. Захисні газові середовища та вакуум. Припої для паяння хромонікелевих сталей та жароміцних нікелевих сплавів. Принципи розробки припоїв для паяння. Забезпечення властивостей запаяних з'єднань на рівні властивостей основного металу.

**Тема 14.** Кераміка та графіти, їх застосування. Склад кераміки та проблеми паяння кераміки у однорідному сполученні та з металами. Власні напруження у з'єднаннях неметалів з металами. Способи паяння. Принципи проектування виробів з кераміки, графіту, скла і металу та розробки технологій паяння.

**Програма підготовки магістрів у галузі знань 13 – "Механічна інженерія"  
із спеціальності 132 – "Матеріалознавство"  
із спеціалізації "Інжиніринг зварювання та споріднених процесів"  
"З'єднання спеціальних сталей, сплавів та інших матеріалів"  
180 год. / 6 кредитів ЕКТС  
(30 год. лекцій, 15 год. лабораторних занять)**

**Теми лабораторних занять**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Моделювання дефектів кристалічної решітки і визначення структури зварних з'єднань	2
2	Оцінка схильності зварних з'єднань до гарячих тріщин	2
3	Структура і властивості зони термічного впливу при зварюванні сталей, що схильні до загартування	2
4	Оцінка впливу технології зварювання високолегованих сталей на схильність до міжкристалітної корозії зварних з'єднань	2
5	Дослідження процесів дугового зварювання кольорових металів та сплавів	3
6	Дослідження власних напружень і деформацій при паянні різнорідних матеріалів	4
	<b>Разом</b>	<b>15</b>

**Програма підготовки магістрів у галузі знань 13 – "Механічна інженерія"  
із спеціальності 132 – "Матеріалознавство"  
із спеціалізації "Інжиніринг зварювання та споріднених процесів"  
"З'єднання спеціальних сталей, сплавів та інших матеріалів"  
180 год. / 6 кредитів ЕКТС  
(30 год. лекцій, 15 год. лабораторних занять)**

**Завдання для самостійної роботи**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Механізм утворення холодних та гарячих тріщин.	10
2	Розрахункові методи визначення стійкості зварних з'єднань проти холодних та гарячих тріщин.	12
3	Розрахунки температур структурних перетворень, структури та механічних властивостей за хімічним складом сталей.	14
4	Особливості зварювання високохромистих мартенситних сталей.	10
5	Особливості зварювання високохромистих феритних сталей.	10
6	Особливості зварювання високохромистих мартенситно-феритних сталей.	10
7	Способи зварювання хромонікелевих аустенітних сталей та забезпечення стійкості з'єднань проти загальної та міжкристалітної корозії.	12
8	Особливості зварювання однофазних та дисперсійно-зміцнених жароміцних нікелевих сплавів	12
9	Вплив структури нікелевих сплавів на здатність до зварювання.	10
10	Способи паяння, що забезпечують властивості з'єднань на рівні властивостей основного металу.	10
11	Вплив хімічного складу припоїв на їх стійкість проти високотемпературної сольової корозії жароміцних сплавів.	14
11	З'єднання різнорідних металів, що утворюють крихкі прошарки. Вибір способів з'єднання.	10
12	Принципи проектування деталей та вузлів з металів та неметалічних матеріалів.	11
	<b>Разом</b>	<b>135</b>

**Програма підготовки магістрів у галузі знань 13 – "Механічна інженерія"  
із спеціальності 132 – "Матеріалознавство"  
із спеціалізації "Інжиніринг зварювання та споріднених процесів"  
"З'єднання спеціальних сталей, сплавів та інших матеріалів"  
180 год. / 6 кредитів ЕКТС  
(30 год. лекцій, 15 год. лабораторних занять)**

**Завдання для поточного та підсумкового контролю**

**Контрольні питання до 1-го змістового модуля**

1. Здатність металів до зварювання та методи її оцінки.
2. Механізм утворення гарячих тріщин.
3. Способи запобігання утворенню гарячих тріщин.
4. Визначення стійкості зварного з'єднання проти гарячих тріщин.
5. Механізм утворення холодних тріщин.
6. Закономірності сповільненого руйнування металу.
7. Способи попередження холодних тріщин.
8. Фактори, що впливають на утворення гарячих тріщин.
9. Фактори, що впливають на утворення холодних тріщин.
10. Визначення стійкості зварних з'єднань проти холодних тріщин за хрестовою пробою.
11. Методика Кіровського заводу визначення стійкості металу проти тріщин.
12. Розрахункові методи визначення стійкості зварних з'єднань проти холодних тріщин.
13. Окрихчування металу при зварюванні.
14. Визначення критичних напружень при сповільненому руйнуванні металу.
15. Діаграми анізотермічного розпаду аустеніту (АРА).
16. Розрахунки термічних циклів, максимальних температур та швидкостей охолодження при зварюванні.
17. Розрахунки критичних швидкостей охолодження за хімічним складом сталей.
18. Розрахунки механічних властивостей за хімічним складом сталей.
19. Розрахунок температур структурних перетворень та структури гартованих сталей.
20. Вплив напружень на утворення гарячих та холодних тріщин
21. Високлеговані сталі. Діаграми Маурера та Шеффлера.
22. Вплив структури високолегованих сталей на здатність до зварювання.
23. Високохромисті сталі, їх структура і застосування.
24. Особливості зварювання високохромистих мартенситних сталей.
25. Особливості зварювання високохромистих феритних сталей.
26. Особливості зварювання високохромистих мартенситно-феритних сталей.

27. Хромонікелеві аустенітні сталі, їх застосування та особливості зварювання.
28. Способи попередження гарячих тріщин при зварюванні хромонікелевих аустенітних сталей.
29. Способи зварювання хромонікелевих аустенітних сталей та забезпечення стійкості з'єднань проти загальної та міжкристалітної корозії.
30. Сігматизація та 475 °С – крихкість хромонікелевих сталей, способи забезпечення стійкості проти окрихчування.
31. Властивості зварних з'єднань хромонікелевих сталей та вплив структури металу шва.
32. Розрахунок часу перебування хромонікелевих сталей при температурах виділення карбідів та вплив вмісту вуглецю на  $t_{кр}$ .
33. Аустенітно-феритні (дуплексні) сталі, їх властивості та застосування.
34. Технологія зварювання дуплексних сталей.
35. Вплив температури термічної обробки на пластичність дуплексних сталей.
36. Аустенітно-мартенситні сталі, їх хімічний склад та властивості.
37. Особливості зварювання аустенітно-мартенситних сталей.
38. Зварювальні матеріали, післязварювальна термічна обробка та властивості зварних з'єднань аустенітно-мартенситних сталей.
39. Мартенситно-старіючі сталі, їх хімічний склад, властивості та особливості зварювання.
40. Технологія зварювання мартенситно-старіючих сталей та властивості з'єднань.

### **Контрольні питання до 2-го змістового модуля**

1. З'єднання різнорідних металів, що утворюють крихкі прошарки. Вибір способів з'єднання.
2. З'єднання високолегованих сталей різних структурних класів. Визначення структури металу шва.
3. Зварювання вуглецевих та низьколегованих сталей з високолегованими. Особливості технології.
4. Зварювання вибухом сталі з алюмінієвими сплавами.
5. Зварювання тертям сталі з алюмінієвими сплавами.
6. Дифузійне зварювання сталі з твердими сплавами.
7. Дифузійне зварювання скла з металами.
8. Дифузійне зварювання кераміки з металами.
9. Жароміцні нікелеві сплави, їх хімічний склад та властивості.
10. Способи зміцнення нікелевих сплавів. Роль легуючих елементів.
11. Особливості зварювання однофазних та дисперсійно-зміцнених сплавів.
12. Деформовані нікелеві сплави та сплави для відливок. Способи їх з'єднання.
13. Нікелеві жароміцні сплави зі спрямованою кристалізацією та способи їх з'єднання.
14. Жароміцні композиційні матеріали на основі нікелю.
15. Гарячі тріщини при зварюванні жароміцних нікелевих сплавів та способи їх попередження.

16. Забезпечення стійкості зварних з'єднань проти високотемпературної сольової корозії.
17. Стійкість зварних з'єднань проти тріщин повторного нагрівання та після термічної обробки.
18. Окрихчування жароміцних нікелевих сплавів та способи його попередження.
19. Способи зварювання нікелевих сплавів. Захисні середовища та вакуум.
20. Зварювальні матеріали, стійкість проти гарячих тріщин та властивості зварних з'єднань.
21. Електронно-променево та лазерне зварювання нікелевих сплавів.
22. Способи та режими електронно-променевого зварювання різних товщин.
23. Вплив структури нікелевих сплавів на здатність до зварювання.
24. Особливості дифузійного зварювання жароміцних нікелевих сплавів.
25. Розрахунок режимів дифузійного зварювання жароміцних нікелевих сплавів.
26. Способи інтенсифікації дифузійного зварювання жароміцних нікелевих сплавів.
27. Дифузійне зварювання нікелевих сплавів з прокладками.
28. Дифузійні зварно-паяні з'єднання.
29. Припої для паяння хромонікелевих сталей.
30. Припої для паяння нікелевих жароміцних сплавів.
31. Принципи розробки припоїв для хромонікелевих сплавів.
32. Депресанти припоїв для хромонікелевих сталей.
33. Депресанти припоїв для жароміцних нікелевих сплавів.
34. Принципи розробки припоїв для жароміцних нікелевих сплавів.
35. Способи паяння, що забезпечують властивості з'єднань на рівні властивостей основного металу.
36. Паяння жароміцних нікелевих сплавів з тиском.
37. Способи паяння жароміцних нікелевих сплавів за формуванням шва та джерелом теплоти.
38. Захисні середовища та вакуум при паянні нікелевих сплавів.
39. Паяння нікелевих сплавів з локальним нагріванням.
40. Паяння жароміцних нікелевих сплавів композиційними припоями.
41. Розчинення припоями основного металу та фактори, що впливають на процес розчинення.
42. Капілярне паяння жароміцних сплавів.
43. Контактно-реактивне паяння жароміцних сплавів.
44. Вплив хімічного складу припоїв на їх стійкість проти високотемпературної сольової корозії жароміцних сплавів.
45. Композиційні жароміцні матеріали на основі нікелю, їх властивості і застосування.
46. Проблеми змочування припоями композиційних матеріалів.
47. Адгезійно-активні припої для композиційних матеріалів.
48. Кераміка, графіти, скло та особливості їх паяння.
49. Адгезійно-активні припої для неметалічних матеріалів.

50. Проблеми паяння неметалічних матеріалів з металами
51. Принципи проектування деталей та вузлів з металів та неметалічних матеріалів.
52. Способи паяння металів с неметалами.
53. Проблема власних напружень при паянні металів з неметалами та її вплив на технологію паяння.
54. Активне паяння металів з неметалами.
55. Паяння з металізацію неметалу.