

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Голова Вченої ради  
зварювального факультету  
С.К.Фомічов  
«\_\_\_»\_\_\_\_\_ 2017 р.

**ПРОГРАМА ДОДАТКОВОГО ВСТУПНОГО  
ВИПРОБУВАННЯ**

**третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти  
для здобуття наукового ступеня доктор філософії**

**ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ** 13 Механічна інженерія  
**СПЕЦІАЛЬНІСТЬ** 132 Матеріалознавство

Ухвалено Вченою радою зварювального факультету  
(протокол від «\_\_\_»\_\_\_\_\_ 2017 р. № \_\_)

Київ  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
2017

## РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Квасницький Віктор Вячеславович, д.т.н., проф., завідувач кафедри зварювального виробництва зварювального факультету

Скачков Ігор Олегович, к.т.н., доц., в.о. завідувача кафедри електрозварювальних установок зварювального факультету

Смирнов Ігор Володимирович, д.т.н., проф. завідувач кафедри інженерії поверхні зварювального факультету

Гаєвський Олег Анатолійович, к.т.н., доц., доцент кафедри зварювального виробництва

## 1. СПОСОБИ ЗВАРЮВАННЯ (КЛАСИФІКАЦІЯ, ПРИНЦИПИ)

Дугове зварювання плавким електродом. Дугове зварювання неплавким електродом. Плазмове та мікроплазмове зварювання. Електрошлакове зварювання. Газове зварювання. Зварювання електронним променем. Зварювання лазером. Контактне зварювання (стикове, шовне, точкове). Дифузійне зварювання. Зварювання тертям. Зварювання вибухом. Ультразвукове зварювання.

## 2. ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ І СПОРІДНЕНИХ ПРОЦЕСІВ

Шлакова ванна як джерело нагріву. Ацетиленокисневе полум'я, температурні зони. Електронний промінь як джерело нагріву. Лазерне випромінювання як джерело нагріву при зварюванні. Плазма як джерело нагріву. Нагрів при контактному точковому зварюванні. Нагрів при контактному стиковому зварюванні опором, вплив тиску на стан поверхні. Нагрів при контактному зварюванні оплавленням.

## 3. РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ТЕПЛА ПРИ ЗВАРЮВАННІ

Основні фактори, які визначають розповсюдження тепла у виробі при зварюванні. Основи розрахункових методів нагрівання виробу зварювальними джерелами тепла. Рівняння теплопровідності. Розрахункові схеми процесів нагрівання металу дугою. Основні параметри, що характеризують зварювальну ванну. Відмінності процесів розповсюдження тепла при електрошлаковому, електронно-променевому, лазерному, контактному та газовому зварюванні.

## 4. ТЕРМІЧНІ ЦИКЛИ ЗВАРЮВАННЯ

Основні характеристики термічного циклу (миттєва швидкість охолодження, максимальна температура, тривалість нагрівання вище даної температури). Регулювання термічних циклів при зварюванні та наплавленні. Методи математичного моделювання теплових процесів при зварюванні.

## 5. ПЕРЕНОС МЕТАЛУ ПІД ЧАС ЗВАРЮВАННЯ ПЛАВЛЕННЯМ

Особливості плавлення електрода при різноманітних способах зварювання. Кінетика плавлення та переносу металу. Сили, які діють на краплю. Види переносу електродного металу.

## 6. ЗВАРЮВАЛЬНА ВАННА ТА ФОРМУВАННЯ ШВА

Вплив параметрів режиму на форму та розміри зварювальної ванни при дуговому та електрошлаковому зварюванні. Перемішування металу в зварювальній ванні та його причини.

## 7. ЗАХИСНІ ГАЗИ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ. ВЗАЄМОДІЯ МЕТАЛУ З ГАЗАМИ

Окиснювальні, відновлювальні та інертні захисні газы. Вуглекислий газ, вимоги до його складу. Аргон та гелій. Газові суміші, їх склади та властивості. Розчинення газів в металах, вплив температури. Хімічна взаємодія газів та металу. Поведінка газів при кристалізації металу. Причини виникнення пор в зварних швах, роль водню, азоту та окису вуглецю. Методи запобігання утворенню пор при зварюванні сталей штучними електродами, під флюсом, порошковим дротом, в захисних газах, електрошлаковому зварюванні.

## 8. ЗВАРЮВАЛЬНІ ШЛАКИ

Класифікація зварювальних шлаків. Будова шлаків. Зв'язок між концентрацією та активністю компонентів шлаку. Вплив температури на в'язкість та електропровідність шлаків. "Довгі" та "короткі" шлаки.

## 9. ВЗАЄМОДІЯ ШЛАКІВ З МЕТАЛОМ ПРИ ЗВАРЮВАННІ

Відновлення та окиснення кремнію та марганцю. Окиснення вуглецю при зварюванні. Вміст кисню в металі шва та неметалеві включення. Вміст сірки та фосфору в металі шва.

## 10. ТИПИ ЕЛЕКТРОДНИХ ПОКРИТТІВ

Класифікація електродів за вітчизняними та міжнародними стандартами. Зварювально-технологічні характеристики електродів. Особливості взаємодії металу з газами та шлаком. Причини виникнення пористості швів при зварюванні електродами різних типів та методи боротьби з пористістю. Сучасні технології виготовлення електродів.

## 11. ТИПИ ФЛЮСІВ ДЛЯ ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

Основні вимоги до флюсу для дугового зварювання. Плавлені та керамічні флюси.

## 12. ЛЕГУВАННЯ ТА МОДИФІКУВАННЯ НАПЛАВЛЕНОГО МЕТАЛУ

Порівняльна характеристика легування через дріт, покриття електродів та флюс. Розрахунок складу наплавленого металу шва при зварюванні під флюсом та в захисних газах.

### 13. ПЕРВИННА КРИСТАЛІЗАЦІЯ МЕТАЛУ

Особливості первинної кристалізації зварних швів. Розподіл легуючих елементів та домішок при кристалізації зварювальної ванни. Мікроскопічна, хімічна та фізична неоднорідність.

### 14. СТРУКТУРА МЕТАЛУ ШВА

Первинна та вторинна структури при зварюванні низьковуглецевих, низьколегованих та високолегованих сталей. Вплив швидкості охолодження та хімічного складу металу на структуру швів.

### 15. ЗОНА ТЕРМІЧНОГО ВПЛИВУ ПРИ ЗВАРЮВАННІ

Структура зони термічного впливу при зварюванні низьковуглецевих та гартівних легуваних сталей. Особливості структури ділянки перегріву при зварюванні плавленням.

### 16. ТРІЩИНИ В ЗВАРНИХ З'ЄДНАННЯХ

Класифікація тріщин. Механізм утворення гарячих та холодних тріщин у пришовній зоні та металі шва при зварюванні вуглецевих та легуваних сталей, основні фактори, що впливають на утворення тріщин.

### 17. ДЕФОРМАЦІЇ ТА НАПРУЖЕННЯ ПРИ ЗВАРЮВАННІ

Класифікація зварювальних напружень та деформацій. Механізм утворення повздовжніх напружень та деформацій в найпростіших елементах зварних конструкцій. Вплив зварювальних напружень та деформацій на якість зварних виробів. Методи регулювання напружень та деформацій при зварюванні.

### 18. ЗВАРЮВАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ ТА ЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ

Склад та властивості низьковуглецевих та легуваних сталей. Особливості їх зварювання. Особливості зварювання середньо- та високовуглецевих сталей. Зварювання термічно зміцнених низьковуглецевих та низьколегованих сталей.

### 19. ЗВАРЮВАННЯ НИЗЬКО- ТА СЕРЕДНЬОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ

Склад та властивості низько- та середньолегованих сталей, вплив легуючих елементів на їх структуру та властивості.

## 20. ЗВАРЮВАННЯ ВИСОКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ

Класифікація високолегованих сталей за структурою та призначенням. Загальні правила зварювання нержавіючих сталей. Класифікація електродів для зварювання нержавіючих сталей. Флюси для дугового та електрошлакового зварювання нержавіючих сталей.

## 21. ЗВАРЮВАННЯ КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

Найважливіші особливості та основні способи зварювання алюмінію, титана, міді та сплавів на їх основі. Дефекти при зварюванні кольорових металів зі сталями та між собою. Найважливіші особливості зварювання хімічно активних металів та сплавів на їх основі.

## 22. ПАЯННЯ МАТЕРІАЛІВ

Класифікація методів паяння. Особливості утворення паяних з'єднань. Змочування основного матеріалу та розтікання припою. Затікання припою в зазори, капілярні явища. Розчинення припоєм основного металу. Припої, принципи їх розробки та вибору.

## 23. СПОСОБИ НАПЛАВЛЕННЯ

Наплавлення електродним дротом в захисних газах і під флюсом. Наплавлення електродною стрічкою. Вібродугове наплавлення. Плазмове наплавлення. Електрошлакове наплавлення. Індукційне наплавлення. Наплавлення суцільним і порошковим матеріалом. Електронно-променеве наплавлення. Плакування з використанням енергії вибуху.

## 24. МАТЕРІАЛИ ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ

Типи електродів. Системи легування й умови роботи наплавленого металу. Найбільш поширені марки електродів. Порошкові дроти. Стрічки холоднокатані, порошкові та спечені. Хімічний склад наплавленого металу та призначення найбільш поширених холоднокатаних, порошкових та спечених стрічок. Порошки зі сплавів для індукційного, плазмово-порошкового та електроконтактного наплавлення.

## 25. ОСОБЛИВОСТІ НАПЛАВЛЕННЯ РІЗНИХ МАТЕРІАЛІВ

Наплавлення вуглецевих і легованих сталей. Наплавлення високолегованого металу з властивостями швидкоріжучих сталей. Наплавлення високомарганцевих аустенітних сталей. Наплавлення високохромістих чавунів. Наплавлення сплавів на основі карбідів хрому чи

вольфраму. Наплавлення хромонікелевих і хромонікельмарганцевих нержавіючих сталей.

## 26. ГАЗОТЕРМІЧНІ МЕТОДИ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТЯ

Газополуменеве нанесення покриття. Детонаційне нанесення покриття. Плазмове нанесення покриття. Електродугове нанесення покриття. Нанесення газотермічного покриття у динамічному вакуумі. Газодинамічне нанесення покриття.

## 27. ВАКУУМНО-КОНДЕНСАЦІЙНІ МЕТОДИ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТЯ

Способи вакуумно-конденсаційного напилення термічним випаровуванням. Вакуумно-конденсаційне напилення покриття вибуховим випаровуванням – розпиленням (сублімацією). Способи вакуумно-конденсаційного нанесення покриття іонним розпиленням. Реакційне вакуумно-конденсаційне нанесення покриття. Хімічне осадження з парової (газової) фази. Методи CVD.

## 28. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ

Класифікація методів контролю якості зварних з'єднань та покриттів. Механічні способи контролю якості зварних швів та покриттів. Фізичні основи та класифікація ультразвукових та радіаційних методів контролю.

### КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Іспит складається з двох частин: письмової відповіді на три питання та співбесіди для уточнення змісту письмової відповіді. Іспит приймається екзаменаційною комісією у складі не менше трьох осіб.

Результати іспиту оцінюються за 100-бальною шкалою за сукупністю відповідей на основні та додаткові питання:

95...100 - повна відповідь: оцінка А (зараховано);

85...94 балів - достатньо повна відповідь з незначними неточностями: оцінка В (зараховано);

75...85 балів - не достатньо повна відповідь: оцінка С (зараховано);

65...74 балів - неповна відповідь: оцінка D (зараховано);

60...64 балів - неповна відповідь: оцінка E (зараховано);

менше за 59 балів - незадовільна відповідь: оцінка Fx (не зараховано).

Оцінка (F, 0 балів - не зараховано) виставляється за використання заборонених носіїв інформації (телефон та інше) або при демонстрації абітурієнтом повного не знання предметної області.

Результати оголошуються після відповідей всіх вступників на цьому засіданні.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Теория сварочных процессов / Под ред. В.В. Фролова. – М.: Высшая школа, 1988. – 559 с.
2. Напруження та деформації у зварних з'єднаннях і конструкціях [Текст]: навч. посіб./ В.М. Прохоренко, О.В. Прохоренко. – К.: НТУУ «КПІ», 2009. – 268 с.. – Бібліогр.: с.267. – 400 пр. ISBN 978-966-622-331-2
3. Контроль качества сварки / Под ред. В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1975. – 328 с.
4. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Под ред. Б.Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1974. – 528 с.
5. Гуревич С.М. Справочник по сварке цветных металлов. – К.: Наукова думка, 1981. – 289 с.
6. Хренов К.К. Сварка, резка и пайка металлов. - М.: Машиностроение, 1970. – 528 с.
7. Технология и оборудование контактной сварки. / Под ред. Б. Д. Орлова. – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.
8. Напруження та деформації при зварюванні. Навчальний посібник / В.І. Махненко, В.В. Квасницький, Г.В. Єрмолаєв, А.В. Лабарткава // Миколаїв: НУК, 2011. – 240 с.
12. Паяння матеріалів. Підручник / Г.В. Єрмолаєв, В.Ф. Квасницький, В.В. Квасницький, С.В. Максимова, В.Ф. Хорунов, В.В. Чигарьов // Миколаїв: НУК, 2014. - 387 с.
13. Спеціальні способи зварювання. Навчальний посібник / В.В. Квасницький // Миколаїв: УДМТУ, 2003. – 437 с.
14. Обробка матеріалів концентрованими потоками енергії. Навчальний посібник / В.М. Пашенко, В.Д. Кузнецов, В.В. Квасницький // К. Гнозіс, 2013. - 149 с.
15. Кузнецов В.Д., Пашенко В.М. Фізико-хімічні основи створення покриттів: Навч.посібник.- К.: НМЦВО, 1999.-176 с.
16. Кузнецов В.Д., Пашенко В.М. Фізико-хімічні основи модифікації структури та легування поверхні: Навч. посібник.-К.: НМЦВО, 2000.-160 с.
17. Корж В. М. Газотермічна обробка матеріалів: Навч. посібник. К.: Екотехнологія, 2005. – 195 с.
18. Ющенко К.А., Борисов Ю. С., Кузнецов В. Д., Корж В. М. Інженерія поверхні: Підручник. – К.: Наукова думка, 2007. – 558 с.
19. Кузнецов В. Д., Гедрович А. І., Житков А. Б., Воронков К. В. Технологія та устаткування наплавлених деталей: Навч. посібник. – Луганськ: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – 254 с.
20. Корж В. М., Кузнецов В. Д., Борисов Ю. С., Ющенко К. А. Нанесення покриття: Навч. посібник. – К.: Арістей, 2005. – 205 с.
21. Обладнання та технологія вакуумно-конденсаційного нанесення покриттів: навч. посіб / І.В. Смирнов, В.Д. Кузнецов – Х. : Мачулін, 2016. – 236 с.



22. Технологія газотермічного та вакуумно-конденсаційного нанесення покриттів: навч. Посіб./ В.М. Пащенко, В.Д. Кузнецов.– К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 272 с.