

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
ЗВАРЮВАЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою

Зварювального факультету

Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_ лютого 2017 р.

Голова вченої ради \_\_\_\_\_ С.К. Фомічов

М.П.

**ПРОГРАМА**

комплексного фахового випробування для вступу на освітньо-професійну  
програму підготовки магістра  
спеціальності – 132 - Матеріалознавство  
спеціалізації «Інженерія та нанотехнології покриттів»

Програму рекомендовано кафедрою

Інженерії поверхні

Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_ лютого 2017 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ І.В. Смирнов

## ВСТУП

Програма комплексного фахового випробування спеціалізації «Інженерія та нанотехнології покриттів» складається із вступу, основної частини, прикінцевих положень та списку літератури.

Програма складена на базі навчальних програм фахових дисциплін: «Триботехніка», «Технологія конструкційних матеріалів», «Напилення та наплавлення».

Комплексне фахове випробування проводиться у письмовій формі упродовж 2-х академічних годин (90 хв.) Екзаменаційний білет складається з трьох теоретичних питань однакової складності. Час для написання відповіді на одне питання – до 30 хвилин.

## ОСНОВНА ЧАСТИНА

### РОЗДІЛ І. ТРИБОТЕХНІКА

**Зовнішнє тертя.** Природа зовнішнього тертя.

Загальні поняття. Сухе, межове, гідродинамічне тертя. Зовнішнє тертя твердих тіл.

Сила тертя і коефіцієнти тертя. Тертя покою. Тертя ковзання.

Молекулярна та механічна взаємодія твердих тіл.

Зміна властивостей поверхневого шару при терті.

Фрикційний контакт, третє тіло. Витрати енергії при зовнішньому терті.

Молекулярна складова сили тертя. Вплив температури на молекулярну складову сили тертя.

Механічна складова сили тертя. Вплив температури на механічну складову коефіцієнту тертя.

Визначення повного коефіцієнту зовнішнього тертя. Особливості тертя в різних умовах. Особливості тертя у вакуумі. Вплив товщини покриття на коефіцієнт тертя. Зовнішнє тертя при великих швидкостях тертя.

Тертя кочення. Коефіцієнти кочення. Проковзування – опір коченню.

**Спрацьовування твердих тіл при терті.** Класифікація видів спрацьовування. Класифікація по зовнішнім умовам процесу, по характеру взаємодії поверхонь з процесами, які мають місце на ній (неоднорідні признаки). Класифікація, заснована на характері відділення часток зносу. Класифікація по видам порушення фрикційних зв'язків при мікрорізаннях, пластичному і пружному контактах, молекулярному схопленні.

Характеристики процесу спрацьовування. Характеристики процесу спрацьовування, їх взаємозв'язок з навантаженням і станом контактуючих поверхонь.

Теорія втомного спрацьовування. Механізм утворення часток зносу.

Вплив властивостей матеріалу і навантаження на спрацьовування. Вплив фрикційних властивостей матеріалів, навантаження, пружно-міцностних властивостей матеріалів на їх спрацьовування.

Схоплення і заїдання поверхневого тертя. Суть схоплення. Види пошкоджень при схопленні. Заїдання і задир в вузлах машин. Умови виникнення схоплення, заїдання.

Абразивне спрацьовування. Термінологія. Методи визначення спрацьовування. Методи стійкості проти абразивного підвищення спрацьовування.

Водневе і окисне спрацьовування. Водневе спрацьовування. Умови насичення воднем поверхні тертя. Види водневого спрацьовування. Методи запобігання цього виду спрацьовування. Окисне спрацьовування. Умови окисного спрацьовування. Спрацьовування внаслідок пластичної деформації, диспергування, внаслідок виникнення нових структур. Умови процесу.

Корозійно-механічне і ерозійне спрацьовування. Корозійно-механічне спрацьовування. Приклади корозійно-механічного спрацьовування деталей машин, апаратів і конструкцій. Ерозійне спрацьовування. Класифікація видів ерозії.

Кавітаційне спрацьовування і спрацьовування при фретінг-корозії. Кавітаційне спрацьовування. Виникнення кавітації. Методи запобігання. Вібраційна кавітація. Спрацьовування внаслідок фретінг-корозії. Вплив на розвиток фретінг-корозії амплітуди відносного ковзання, контактного тиску, частоти коливань, зовнішнього середовища і змащення. Методи запобігання цьому виду спрацьовування.

#### **Матеріали для деталей, що труться.**

Матеріали для пар тертя. Вибір матеріалів пари конструюванні вузлів тертя. Фрикційні матеріали. Зносостійкі матеріали. Антифрикційні матеріали. Правила сполук матеріалів. Матеріали для вузлів тертя, що працюють при високій температурі.

#### **Конструктивно-технологічні засоби підвищення зносостійкості деталей.**

Фізико-механічні засоби підвищення зносостійкості деталей. Розташування матеріалів пар тертя по твердості. Фізико-механічні засоби зносостійкості деталей. Вплив якості спряжених поверхонь і точності їх взаємного розташування. Фізико-хімічна обробка поверхонь. Вплив умов експлуатації і режиму роботи на інтенсивність спрацьовування.

#### **Основи надійності машин.**

Показники надійності. Методи визначення показників надійності. Показники безвідмовності, збереження, ремонтно-придатності і довговічності.

Чисельні показники надійності. Класифікація відмов. Імовірний і структурно-імовірний підходи в теорії надійності.

## **РОЗДІЛ II. ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ**

### **Будова та механічні властивості металів і сплавів.**

Кристалічна будова та дефекти металів і сплавів. Пластична деформація металів.

Наклеп, повернення, рекристалізація, гаряча і холодна деформація.

Механічні властивості металів і сплавів.

Леговані сталі і сплави. Вплив легуючих елементів на властивості сталі. Загальна класифікація легованих сталей.

#### **Технології ливарного виробництва.**

Загальна характеристика ливарного виробництва. Види заготівель ливарного виробництва. Одержання відливок у разових формах. Виготовлення моделей, стрижневих ящиків і опок.

Спеціальні методи лиття. Лиття у кокіль, під тиском, відцентрове, безупинне, в оболонкові форми, а також по моделях, що виплавляються. Виготовлення відливок з різних сплавів.

#### **Обробка металів тиском.**

Загальна характеристика обробки металів тиском. Фізичні основи обробки тиском, фактори, що впливають на процес обробки.

Обробка металів методом прокатки, волочіння, пресування, кування, гарячого об'ємного штампування, холодного листового штампування.

#### **Технологія зварювального виробництва.**

Загальна характеристика зварювального виробництва. Способи зварювання плавленням і тиском. Газове зварювання

#### **Механічна обробка конструкційних матеріалів.**

Фізичні основи обробки металів різанням. Сутність процесу різання металів і фізичні явища, що супроводжують процес. Матеріал і геометрія металорізального інструменту.

Обробка металів на металорізальних верстатах (Токарно-гвинторізних, свердлильних, фрезерних, шліфувальних та ін.).

### **РОЗДІЛ III. НАПЛАВЛЕННЯ ТА НАПИЛЕННЯ**

#### **Наплавлення.**

**Загальні теоретичні відомості.** Поняття та визначення.

**Способи наплавлення.** Наплавлення електродним дротом в захисних газах і під флюсом. Наплавлення електродною стрічкою. Вібродугове наплавлення. Імпульсно-дугове наплавлення. Плазмове наплавлення. Електрошлакове наплавлення. Стико-шлакове наплавлення. Індукційне наплавлення. Електроконтактне наплавлення. Наплавлення суцільним і порошковим матеріалом. Електронно-променеве наплавлення. Лазерне наплавлення. Плакування з використанням енергії вибуху. Плакування прокатуванням і екстрагуванням. Галузі застосування. Наплавлення тертям.

**Матеріали для наплавлення.** Електроди. Типи електродів. системи легування й умов роботи наплавленого металу. Найбільш поширені марки електродів.

Порошкові дроти. Хімічний склад наплавленого металу та призначення найбільш поширених порошкових дротів.

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.

#### **Технологія наплавлення.**

Підготовка деталей до наплавлення.

Особливості технології наплавлення вуглецевих і легованих сталей.

Особливості технології наплавлення високолегованого металу з властивостями швидкоріжучих сталей.

Особливості технології наплавлення високомарганцевих аустенітних сталей.

Особливості технології наплавлення високохромістичних чавунів.

Особливості технології наплавлення сплавів на основі карбідів хрому чи вольфраму.

Технологія наплавлення теплостійких шарів.

Технологія наплавлення корозійностійких шарів.

Особливості технології наплавлення хромонікелевих і хромонікельмарганцевих нержавіючих сталей.

Технологія наплавлення корозійно і жаростійких шарів.

#### **Напилення.**

##### **Технологічні процеси підготовки поверхонь для нанесення покриття.**

Принципові схеми маршрутної технології підготовка поверхонь деталей і конструкцій перед нанесенням покриття. Механічна обробка, знежирювання, активація і формування шорсткості поверхні, попереднє підігрівання поверхні, нанесення прошарку. Обробка деталей після нанесення покриття.

##### **Технологічні процеси нанесення покриття.**

**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.

##### **Вакуумно-конденсаційні методи нанесення покриття (ВКНП)**

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. методи CVD.

Хімічне осадження з парової (газової) фази. Методи CVD.

##### **Технологічне устаткування для нанесення покриття.**

Обладнання для газотермічних методів нанесення покриття. Установки для газополуменевого, детонаційного, електродугового та плазмового нанесення покриття їх енергетичні характеристики.

Обладнання для вакуумно-конденсаційних методів нанесення покриття. Структура обладнання, призначення функціональних блоків. Установки для

вакуумно-конденсаційного методу нанесення покриття термічним випаровуванням, вибуховим розпиленням, іонним розпиленням.

### ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

1. Користування допоміжними матеріалами заборонено.
2. Критерії оцінювання комплексних фахових випробувань

Білет складається з трьох питань. Максимальна кількість балів, які можна отримати за кожне питання – 33(34) бали.

R <sub>i</sub>	Критерії оцінювання теоретичного питання
32...33 (34)	Вступник демонструє повні й міцні знання навчального матеріалу в заданому обсязі, необхідний рівень умінь і навичок, правильно й обґрунтовано приймає необхідні рішення в різних нестандартних ситуаціях.
28...31	Вступник припускається окремих помилок, але знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть процесів.
25...27	Вступник допускає несуттєві неточності, має труднощі у трансформації умінь у нових умовах.
22...24	Вступник засвоїв основний теоретичний матеріал, але допускає неточності, що не є перешкодою до подальшого навчання. Уміє використовувати знання для вирішення стандартних завдань.
20...21	Вступник частково відповідає на питання екзаменаційного білету, демонструє базові знання основних положень дисциплін. Відповіді непослідовні. Наявні помилки.
R<20	Відповідь відсутня або її зміст не відповідає питанню.

Загальна оцінка є сумою балів за відповідь на кожне питання.

Для отримання вступник відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його загальна кількість балів (**RD**) переводиться згідно таблиці:

RD	Оцінка ECTS	Традиційна оцінка
95...100	A	відмінно
85...94	B	добре
75...84	C	
65...74	D	задовільно
60...64	E	
<b>RD</b> < 60	F <sub>x</sub>	незадовільно

3. Приклад типового екзаменаційного білету для складання комплексного фахового випробування для вступу на освітньо-професійну програму підготовки магістра за спеціалізацією «Інженерія та нанотехнології покриттів».

### Приклад екзаменаційного білету

1. Наведіть класифікацію матеріалів для газотермічного нанесення покриття за формою виготовлення і наведіть їх склад
2. Процеси рекристалізацій, що протікають при нагріві холоднодеформованого (наклепаного) металу, можна розділити на три етапи: 1) повернення; 2) первинна рекристалізація, 3) вторинна рекристалізація
3. Типи площ дотику

### ЛІТЕРАТУРА

для підготовки до комплексного фахового випробування

#### Основна

1. **Кузнецов В.Д., Пащенко В.М., К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов.** Фізико-хімічні основи інженерії поверхні: Навч. посібник.- К.: ВІПОЛ, 2005.-372 с.
2. **Кузнецов В.Д., Пащенко В.М.** Фізико-хімічні основи створення покриттів: Навч.посібник.- К.: НМЦВО, 1999.-176 с.
3. **Кузнецов В.Д., Пащенко В.М.** Фізико-хімічні основи модифікації структури та легування поверхні: Навч. посібник.-К.: НМЦВО, 2000.-160 с.
4. **Дальский А.М., Барсукова Т.М., Бухаркин Л.Н. и др.** Технология конструкционных материалов: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. Под ред. А.М. Дальского.– 5-е изд., исправленное.– М.: Машиностроение, 2004.– 512 с.
5. **Сологуб М.А., Рожнецький І.О., Некоз О.І. та ін.** Технологія конструкційних матеріалів: Підручник За ред. М.А.Сологуба.–2-ге вид., перероб. і допов. – К.:Вища шк., 2002.–374с.
6. **Ющенко К.А., Борисов Ю. С., Кузнецов В. Д., Корж В. М.** Інженерія поверхні: Підручник. – К.: Наукова думка, 2007. – 558 с.
7. **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.
8. **Корж В. М., Кузнецов В. Д., Борисов Ю. С., Ющенко К. А.** Нанесення покриття: Навч. посібник. – К.: Арістей, 2005. – 205 с.
9. **Гаркунов Д. Н.** Триботехника: Учебник для студентов вузов. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.
10. **Крагельский И. В., Добычин М. Н. Камбалов В. С.** Основы расчетов на трение и износ. – М.: Машиностроение , 1977. – 526 с.

#### Додаткова

1. Порошковая металлургия и напыленные покрытия. Под ред. Б.С. Митина.-М.: Металлургия, 1987.-792 с.
2. **Аппен А.А.** Температурустойчивые неорганические покрытия. – Л.: Химия, 1976.-296 с.

3. Самсонов Т.В., Эпик А.П. Тугоплавкие покрытия.- М.: Металлургия, 1973.-400 с.

4. Соснин. Н.А., Ермаков С.А., Тополянский П.А. Плазменные технологии. – М.: Машиностроение, 2008. – 406 с.

5. Антонов И. А. Газопламенная обработка материалов. – М.: Машиностроение, 1976. – 264 с.

### **РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ**

Смирнов Ігор Володимирович, завідувач кафедри ІІІ, д.т.н., проф.

Пащенко Валерій Миколайович, професор кафедри ІІІ, д.т.н., доц.