



Технології та устаткування зварювання плавленням, лазерних та споріднених процесів. Частина 2. Технології та устаткування лазерних процесів

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Заочна / змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>III курс 6 семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>165 год/5,5 кредитів ЄКТС: лекційні заняття – 14 годин, лабораторні заняття – 6 годин; практичні заняття – 4 години; самостійна робота – 141 год</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен, МКР, ДКР</i>
Розклад занять	згідно www.roz.kpi.ua
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>д.т.н., професор, Голошко Леонід Федорович</i> leongolovko@gmail.com Практичні: <i>к.т.н., доцент, Блощицин Михайло Сергійович</i> m.bloshchytsyn@gmail.com Лабораторні: <i>к.т.н., доцент, Блощицин Михайло Сергійович</i> m.bloshchytsyn@gmail.com
Розміщення курсу	<i>Електронний кампус та GSuite в ПДН «Сікорський»</i> <https://do.ipk.kpi.ua/>

Програма навчальної дисципліни

Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

У кредитному модулі представлені основні способи, технологічні процеси і обладнання фізико-технічної обробки матеріалів з використанням високо концентрованих джерел енергії – лазерного випромінювання і електронного променя, електричного розряду, електромагнітного поля, ультразвуку, високоенергетичних струменів матеріальних частин та рідин і т. ін., методи інженерних розрахунків параметрів технологічних процесів, характеристик продуктивності, точності і якості обробки, методи проектування технологічного обладнання, пристосувань та інструментів. Вивчення кредитного модуля формує у студента уявлення про можливості електро-фізико-хімічних методів обробки та дозволяє йому не тільки обрати найбільш ефективний з них, а й використати його в практичній діяльності..

Мета курсу: надати студентам знання про сутність, можливості, методи проектування технологічних процесів й обладнання фізико-технічної обробки матеріалів, що дозволяє їм економічно обґрунтовано обирати найбільш ефективний.

Предмет курсу: вивчення кредитного модуля зосереджено на опануванні основних фізико-хімічних процесів, що відбуваються в матеріалах, при дії, сконцентрованих до різних значень густини потужності, джерел енергії, з'ясуванні механізмів їх взаємодії, засвоєнні інженерних методів розрахунку параметрів технологічних процесів обробки, використанні електро-фізико-хімічних процесів для формоутворення, зварювання, поверхневого зміцнення, 3-Д прототипування металевих виробів, встановленні впливу на їх експлуатаційні характеристики.

Навіщо це потрібно студенту?

Кредитний модуль «Технології та устаткування зварювання плавленням, лазерних та споріднених процесів. Частина 2. Технології та устаткування лазерних процесів» є одним з основних, що формує навички проектно-конструкторської діяльності майбутнього інженера-технолога в області лазерних й інших електро-фізико-хімічних технологій, що є важливим умінням для здійснення професійної діяльності.

Вивчення освітнього компонента передбачає формування та розвиток у студентів компетентностей, передбачених освітньою програмою «*Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій*», яка розроблена з урахуванням Стандарту вищої освіти України: перший (бакалаврський) рівень, галузь знань 13 – Механічна інженерія, спеціальність 131 – Прикладна механіка. Затверджено і введено в дію наказом Міністерства освіти і науки України від 20.06.2019 р. № 865. (<https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2019/06/25/131.prikladna.mekhanika-bakalavr-1.pdf>)

та [затверджено Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського, протокол №10 від «13» грудня 2021р. та введено в дію з 2022/2023 навч. року наказом ректора КПІ ім. Ігоря Сікорського №НОН/75/2022 від 15 лютого 2022р\).](#)

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК 1 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

ЗК 2 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК 3 Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК 4 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях

Фахові компетентності:

ФК 1 Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки

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

ФК 7. Здатність застосовувати комп'ютеризовані системи проектування (CAD), виробництва (CAM), інженерних досліджень (CAE) та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань з прикладної механіки.

ФК 9. Здатність представлення результатів своєї інженерної діяльності з дотриманням загальноприйнятих норм і стандартів.

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 16. Здатність обирати оптимальні та розробляти нові технології та обладнання для лазерних та фізико-технічних процесів з метою підвищення продуктивності та контрольованості цих процесів.

ФК 17. Здатність впроваджувати та освоювати технологічні процеси виробництва нової продукції, перевіряти якість монтажу та налагодження при випробуваннях і здачі в експлуатацію нових зразків виробів, вузлів, деталей і конструкцій

Результати навчання освітнього компонента деталізують такі програмні результати навчання, передбачені освітньою програмою *«Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій»*:

РН 7. Застосовувати нормативні та довідкові дані для контролю відповідності технічної документації, виробів і технологій стандартам, технічним умовам та іншим нормативним документам

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 23. Оптимально обирати, застосовувати, компонувати і перевіряти технічний стан та ресурс технологічного обладнання для лазерних та фізико-технічних технологій

РН 24. Розробляти технологічні процеси та операції лазерних та фізико-технічних технологій з використанням їх переваг та особливостей.

РН 25. Розраховувати режими електроіскрової, дугової, плазмової, електронно-променевої та лазерної обробки і визначати оптимальні технологічні, енергетичні, оптичні та газодинамічні параметри лазерних та фізико-технічних процесів

1. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Навчальна дисципліна є обов'язковою (нормативною) компонентою освітньої програми «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій» і належить до циклу професійної підготовки. Для вивчення даного кредитного модуля необхідне успішне засвоєння навчального матеріалу, з таких дисциплін і кредитних модулів, як «Вища математика», «Лінійна алгебра і аналітична геометрія», «Теоретична механіка», «Теоретичні основи теплотехніки», «Механіка матеріалів і конструкцій - 1. Опір матеріалів», «Матеріалознавство», «Фізика взаємодії концентрованих потоків енергії з речовиною».

Знання, отримані при вивченні даної дисципліни використовуються студентами при подальшому вивченні "Виробництво конструкцій", "Виробництво конструкцій. Курсовий проект", а також при підготовці курсових проектів і робіт, проходженні переддипломної практики, дипломному проектуванні та підготовці магістерських дисертацій, що виконуються за напрямком досліджень процесів фізико-технічної обробки матеріалів.

2. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Загальна характеристика електрофізичних та електрохімічних методів обробки матеріалів.

Тема 2. Електророзрядна обробка матеріалів.

Тема 3. Електрохімічна обробка матеріалів.

Тема 4. Ультразвукова обробка матеріалів

Тема 5. Променеві методи обробки матеріалів. Магнітно-імпульсна обробка.

Тема 6. Електровибухова обробка

Тема 7. Гідро- та гідроабразивна обробка. Комбіновані процеси фізико-технічної обробки матеріалів

3. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Головка Л.Ф., Блощин М.С. електронна версія конспекту лекцій до дисципліни «Електрофізичні та електрохімічні методи обробки матеріалів»; гриф механіко-машинобудівного інституту; протокол Вченої Ради MMI № 9; дата отримання грифу 28.05.2019.
2. Головка Л.Ф., Блощин М.С. електронна версія конспекту лекцій до дисципліни «Процеси лазерної поверхневої обробки»; гриф механіко-машинобудівного інституту; протокол Вченої Ради MMI № 9; дата отримання грифу 28.05.2019.
3. Лазерні технології та комп'ютерне моделювання / Л.Ф. Головка, С.О. Лук'яненко // Монографія, К.: Вістка, 2009. - 296 с.
4. Вакуумні іонно-плазмові технології зміцнення деталей машин триботехнічного призначення / О.Й. Мажейка, Л.Ф. Головка, А.М. Лутай, Є.К. Солових // Монографія, Кіровоград: "КОД", 2014 316 с.
5. Кіянівський М.В., Цивінда Н.І. Електрофізичні та електрохімічні методи обробки поверхонь деталей у машинобудуванні. Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ. 2011.- 412 с.
6. Комп'ютерне моделювання у лазерних технологіях / Л.Ф. Головка, С.О. Лук'яненко, І.Ю. Михайлова, В.А. Третяк // Монографія, К.: ВПП «Текст». 2015. - 236 с.

Додаткова

7. Виготовлення біметалів з використанням ливарного процесу і лазерної обробки [Електронний ресурс]: монографія / Л. Ф. Головка, В. В. Романенко, М. С. Блощин, О. Д. Кагль, С. С. Салій, О. А. Савченко, І. В. Свічкарь. – Електронні текстові дані (1 файл: 13.42 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 221 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/53932>
8. Головка Л.Ф., Блощин М.С. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт по курсу «Електрофізичні та електрохімічні методи обробки матеріалів»; гриф механіко-машинобудівного інституту; протокол Вченої Ради MMI № 11; дата отримання грифу 26.06.2017.
9. Головка Л.Ф., Блощин М.С. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт по курсу «Технологія лазерної поверхневої обробки»; гриф механіко-машинобудівного інституту; протокол Вченої Ради MMI № 11; дата отримання грифу 26.06.2017.
10. Головка Л.Ф., Блощин М.С. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт по курсу «Процеси лазерної поверхневої обробки»; гриф механіко-машинобудівного інституту; протокол Вченої Ради MMI № 11; дата отримання грифу 26.06.2017.

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

В межах вивчення кредитного модуля впродовж семестру заплановано проведення лекційних, практичних та лабораторних занять, а також навчальним планом передбачено виконання курсової роботи як окремого кредитного модуля.

Під час вивчення матеріалу застосовуються такі основні методи колективного та індивідуального активного навчання: проблемно-пошуковий, пояснювально-ілюстративний, практичний та дослідницький під час проведення лекційних та практичних занять, а також метод самостійної роботи. Означені методи використовуються в контексті застосування таких навчальних технологій:

- 1) особистісно-орієнтовані технології, засновані на активних формах і методах навчання: колективні дискусії, інтерактивне спілкування тощо.
- 2) інформаційно-комунікаційні технології, що забезпечують проблемно-дослідницький характер процесу навчання та активізацію самостійної роботи студентів, доповнення традиційних навчальних занять засобами взаємодії на основі мережевих комунікаційних можливостей (онлайн-лекції, онлайн-практики під час змішаного або дистанційного навчання).

Навчальний матеріал освітнього компоненту викладається на заняттях згідно табл. 1.

Таблиця 1. Структура викладання освітнього компоненту

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичн і	Лабор. роб.	СРС
Тема 1. Загальна характеристика електрофізичних та електрохімічних методів обробки матеріалів.	12	2	0	0	10
Тема 2. Електророзрядна обробка матеріалів.	19	2	0	2	15
Тема 3. Електрохімічна обробка матеріалів.	18,5	1,5	0	2	15
Модульна контрольна робота 1	5,5	0,5			5
Тема 4. Ультразвукова обробка матеріалів	19	2	0	2	15
Тема 5. Променеві методи обробки матеріалів. Магнітно-імпульсна обробка.	18,5	1,5	2	0	15
Модульна контрольна робота 2	5,5	0,5			5
Тема 6. Електровибухова обробка	12	2	0	0	10
Тема 7. Гідро- та гідроабразивна обробка. Комбіновані процеси фізико-технічної обробки матеріалів	19	2	2	0	15
Разом	129	14	4	6	105
Домашня контрольна робота	6				6
Екзамен	30				30
Всього годин	165	14	4	6	141

5.1 Лекційні заняття

Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
Тема 1. Загальна характеристика електрофізичних та електрохімічних методів обробки матеріалів.
Лекція 1. Особливості електрофізичних та електрохімічних методів обробки матеріалів. Фізичні процеси, що відбуваються в матеріалах при дії на їх поверхню концентрованих джерел енергії з різною густиною потужності. Енергетичні характеристики існуючих способів концентрації енергії у тому числі, що використовуються для обробки матеріалів з метою формоутворення або зміни властивостей. Технологічні можливості процесів ЕФХО у залежності від рівня концентрації енергії. Класифікація електро - фізико - хімічних методів обробки. Загальна характеристика кожного, різновиди, можливості і області використання. Література: [1], Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання
Тема 2. Електророзрядна обробка матеріалів.
Лекція 2. Фізична сутність процесу електророзрядної обробки. Обладнання та робочі рідини, що використовуються при електророзрядній обробці. Технологічні процеси електророзрядної обробки матеріалів. Процеси розмірної обробки стаціонарним дуговим розрядом. Електроконтактна обробка. Література [1,2,5] Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання
Тема 3. Електрохімічна обробка матеріалів.
Лекція 3. Процес анодного розчинення, як основа електрохімічної обробки матеріалів. Основні закономірності формоутворення при електрохімічній обробці. Обладнання та технологічні характеристики електрохімікогідролічної обробки. Типові операції електрохімікогідролічної обробки. Електрохімікомеханічна обробка Література [1,3,4,5] Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання
Тема 4. Ультразвукова обробка матеріалів
Лекція 4. Теоретичні засади застосування ультразвукових коливань для обробки матеріалів та відповідне обладнання. Хвильові системи передачі і концентрації ультразвукових коливань Технологічні характеристики та процеси розмірної ультразвукової обробки Застосування ультразвукової обробки у промисловості. Література [1,2,4,5] Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання
Тема 5. Променеві методи обробки матеріалів. Магнітно-імпульсна обробка.

Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
Лекція 5. Плазмова обробка матеріалів. Електронно-променева обробка матеріалів. Лазерна обробка матеріалів. Лазерна поверхнева обробка. Лазерна розмірна обробка матеріалів. Магнітно-імпульсна обробка. Застосування магнітно-імпульсного формоутворення у промисловості Література [1,2,3] Завдання СРС: дати відповіді на контрольні запитання
Тема 6. Електровибухова обробка
Лекція 6. Формоутворення імпульсними силами, що виникають при високовольтному електричному розряді в рідині Застосування електровибухової обробки у промисловості Література [1,2,3,5] Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання
Тема 7. Гідро- та гідроабразивна обробка. Комбіновані процеси фізико-технічної обробки матеріалів
Лекція 7. Обробка матеріалів високонапірними струменями рідини Гідроабразивна обробка матеріалів. Лазерно-плазмова та світлогідравлічна обробка матеріалів. Електроерозійно-електрохімічна, ультразвукова електрохімічна й інші комбіновані процеси обробки Література [1,2,3,5] Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

5.2 Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять полягають у набутті вмінь визначати технологічні параметри електрофізикохімічної обробки, які забезпечують формування отвору чи порожнини заданої форми і якості поверхонь, їх оптимізувати у залежності від вимог, що ставляться до виробу.

Назва теми заняття	Кількість ауд. годин
Практична робота 1. Електроіскрове легування. Література [2, с.50-57], завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання 1-10 [2, с.57]	2
Практична робота 2. Розробка керуючої програми для електроерозійних верстатів.	2

5.3 Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять полягають у набутті вмінь налаштовувати технологічне обладнання на виконання завдання, уміти раціонально обирати установочну і вимірювальну бази, матеріал і форму інструмента, режими обробки, проводити оцінювання та вимір її результатів.

Назва теми заняття	Кількість ауд. годин
Лабораторна робота 1. Технологія виготовлення отворів/різів електроерозійною обробкою. Література [1-10]	2
Лабораторна робота 2. Вивчення особливостей коливальної системи ультразвукового верстата та визначення зміни швидкості подачі інструмента при виготовленні отворів. Література [1-10]	2
Лабораторна робота 3. Розрахунок продуктивності ультразвукового верстата. Література [1-10]	2

5. Самостійна робота студента

Самостійна робота (141 год) студента полягає у підготовці до лекційних (60 год.), і лабораторних занять (35 год.) шляхом опрацювання рекомендованої літератури і підготовці домашньої контрольної роботи (6 год), підготовці до модульних контрольних робіт (10 год), лабораторних занять, а також у підготовці до екзамену (30 год.).

В основу викладання дисципліни покладено системний підхід до вирішення типових задач діяльності для виконання виробничих функцій. Навчання комплексному використанню знань на основі системного підходу дозволить студентам опанувати методами визначення технологічних характеристик окремих процесів оброблення матеріалів із застосуванням електричного розряду, висококонцентрованих потоків енергії, анодного розчинення, коливань ультразвукової частоти або їх комбінованої дії, так і всієї системи в цілому, відчувати трудомісткість і складність розробки технологічних операцій електрофізичних і електрохімічних методів обробки, багатоваріантність рішень, необхідність вибору напрямку пошуку оптимального варіанта технологічного процесу, вивчити будову основних систем обладнання.

В основу розгляду кожної теми покладено намагання побудувати своєрідну модель технологічного процесу з її особливим образом і усвідомленням місця процесу в системі спеціальних методів обробки. Цілісність процесу пізнання постає через домінуючу ідею і рівноцінність підходів до кожного з методів обробки. Це дозволяє побачити домінуючу ідею з різних позицій. В умовах науково-технологічної революції, яка панує у світі, життєвий цикл сучасних технологій стає значно меншим, ніж термін професійної діяльності фахівця. І тому значну частину навчального часу присвячено не фактологічній інформації, а концептуальній або смисловій, бо треба засвоювати не стільки знання, уміння та навички, скільки опановувати способи мислення, розвивати інтелектуальні здатності. Така робота переводить будь яке знання з пасивного стану в активний. Цього потребує сучасна ситуація на ринку праці, що інтенсивно змінюється.

Підготовка фахівців повинна бути орієнтована на мобільність і змінність соціальної та виробничої діяльності. Все це вимагає від фахівця не стільки володіти певною інформацією, скільки впевнено використовувати її в нестандартних ситуаціях.

Засобом контролю ступені досягнення кінцевої мети освітньо-професійної підготовки студентів є екзамен. Він використовується для встановлення рівня сформованості певних умінь для вирішення окремих задач діяльності. Він включає такі етапи: розробка пакету контрольних питань, створення на їх основі пакету контрольних завдань та білетів, самостійна робота студентів для підготовки відповідей на контрольні питання, виконання студентами контрольних завдань

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Відвідування лекцій, практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання.

Для студентів, які беруть на себе відповідальність за організацію і планування свого часу для навчання, є можливість опановувати дисципліну у змішаному режимі: ознайомлення з теоретичним матеріалом лекцій і розв'язування практичних завдань – самостійно, за необхідності проведення консультацій викладачем згідно графіку консультацій і відведеного на них часу, у відповідності до педагогічного навантаження викладача. Лабораторні роботи виконуються у груповому режимі під керівництвом відповідального викладача.

Правила поведінки на заняттях.

Правила поведінки на заняттях регламентуються етичними нормами: всі учасники освітнього процесу в університеті повинні дотримуватись вимог чинного законодавства України, Статуту і Правил внутрішнього розпорядку НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», загальноприйнятих моральних принципів, підтримувати атмосферу доброзичливості, відповідальності, порядності й толерантності, дбайливо ставитися до університетського майна.

Під час аудиторних занять студенти повинні дотримуватись діючих правил охорони праці, безпеки життєдіяльності і правил пожежної безпеки, а в разі навчання за дистанційною формою виконувати вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я під час роботи з екранними пристроями.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

Студенти зобов'язані дотримуватися термінів виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.

Порушення термінів виконання певного виду робіт враховується згідно рейтингової системи оцінювання. **Під час дії воєнного стану штрафні бали не нараховуються.**

Пропущені контрольні заходи:

Якщо контрольні заходи пропущені з поважних причин (хвороба або вагомі життєві обставини), студенту надається можливість додатково скласти контрольне завдання протягом найближчого тижня. В разі порушення термінів виконання завдання з неповажних причин, студент не допускається до складання екзамену в основну сесію.

Політика щодо академічної доброчесності докладно описана у Кодексі Честі КПІ ім. Ігоря Сікорського (<https://kpi.ua/code>) і передбачає повну відповідальність студента за те, що всі виконані ним завдання відповідають принципам академічної доброчесності.

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль.

За кожною лекцією студент виконує письмову самостійну роботу - надає відповіді на контрольні питання. На практичних заняттях студент розв'язує індивідуальний числовий приклад. Перед виконанням лабораторної роботи студенти проходять експрес-опитування для встановлення рівня теоретичної підготовки до виконання роботи, наявності бланків протоколів.

Календарний контроль.

Проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль.

В якості контролю знань, опанованих студентами за семестр викладання освітнього компоненту, навчальним планом передбачено складання екзамену, умови допуску до якого та принцип оцінювання викладено в PCO освітнього компоненту.

Рейтингова система оцінювання та критерії нарахування вагових балів:

1. Лекції.

2. Практичні заняття.

1. Практичні заняття.

Ваговий бал – 8.

Максимальна кількість балів, які можна отримати за відпрацювання і захист всіх лабораторних робіт (2 заняття): $8 \times 2 = 16$ балів.

Вхідний контроль оцінюється в 2 бали, який нараховується за правильну відповідь студента на питання.

Виконання практичної роботи оцінюється в 4 бали, який нараховується за роботу студента з вимірювальними приладами.

Захист практичної роботи оцінюється в 2 бал, які нараховуються за правильну відповідь на два питання вартістю в 1 бал кожне, поставлені під час захисту роботи студентом.

3. Лабораторні роботи.

Ваговий бал – 8.

Максимальна кількість балів, які можна отримати за відпрацювання і захист всіх лабораторних робіт (3 занять): $8 \times 3 = 24$ балів.

Вхідний контроль оцінюється в 2 бали, який нараховується за правильну відповідь студента на питання.

Виконання лабораторної роботи оцінюється в 4 бали, який нараховується за роботу студента з вимірювальними приладами.

Захист лабораторної роботи оцінюється в 2 бал, які нараховуються за правильну відповідь на два питання вартістю в 1 бал кожне, поставлені під час захисту роботи студентом.

4. Виконання модульна контрольна робота МКР (до 5 балів):

- повна, змістовна та аргументована відповідь – **5 бали** (одна МКР) тобто **2 × 5** (для двох атестацій);

- відповідь з несуттєвими помилками – **3 бали** (одна МКР) або **2 × 3** (дві атестації);
- неправильна відповідь – **0 балів**

5. Виконання домашньої контрольної роботи (ДКР):

- творчо виконана робота – **14 бали**;
- роботу виконано з незначними недоліками – **9-13 бали**;
- роботу виконано з певними помилками – **1-8 бали**;
- роботу не зараховано (завдання не виконане або є грубі помилки) – **0 балів**.

Підрахунок максимальної кількості балів за контрольні заходи, які формують стартовий рейтинг, наведений у таблиці:

Складові стартового рейтингу R_c	Кількість занять у семестрі	Вагові бали за контрольні заходи	Сума вагових балів за контрольні заходи
Модульна контрольна робота		10	10
Домашня контрольна робота		14	14
Відпрацювання навичок на лабораторних заняттях	3	8	24
Відпрацювання навичок на практичних заняттях	2	8	16
РАЗОМ:			64

Штрафні та заохочувальні бали:

1. Штрафні бали нараховуються за порушення термінів виконання певного виду робіт:
Штрафні бали не нараховуються на період дії воєнного стану.
2. Заохочувальні бали нараховуються за розв'язок студентом спеціального індивідуального творчого завдання з дисципліни або участь у конференціях з публікацією матеріалів доповідей за тематикою кредитного модуля «+1...6 балів».

Розмір шкали рейтингу кредитного модуля: $RD = R_c + R_E = 64 + 36 = 100$ балів, де стартова шкала $R_c = 64$ балів, екзаменаційна шкала $R_E = 36$ балів.

Умови допуску до екзамену.

1. Виконати ДКР
2. Виконати дві МКР
3. Розрахувати й захистити усі практичні завдання.
4. Відпрацьовані та захищені усі лабораторні роботи
5. Стартовий рейтинг $R_c \geq 60$

Відпрацювання кожного пропущеного заняття (практика, лабораторна робота) може бути замінено складанням на тесту для отримання оцінки «зараховано» за відповідне заняття.

Критерії екзаменаційного оцінювання.

Екзаменаційний білет складається з 3 питань.

Правильна відповідь на кожне питання оцінюється в 12 балів.

Бали R_E за відповідь на екзамені розраховується у такий спосіб:

$$R_E = R_1 + R_2 + R_3 = 12 + 12 + 12 = 36,$$

де R_1 - бали за відповідь на перше питання, R_2 - бали за відповідь на друге питання, R_3 - третє питання.

Максимальна кількість балів, які можна отримати за складання екзамену - 36 б.

Шкала оцінювання теоретичних питань
$R_1(R_2, R_3) = 0$ - відповідь відсутня
$R_1(R_2, R_3) = 2 - 3$ - відсутні логічні кроки, є фрагменти необхідних формул, формулювання
$R_1(R_2, R_3) = 4-5$ - наведено декілька логічних кроків, деякі формули, формулювання
$R_1(R_2, R_3) = 6 - 8$ - неповна відповідь
$R_1(R_2, R_3) = 9 - 11$ - відповідь вірна і повна, але містить 1-2 неточності
$R_1(R_2, R_3) = 12$ - відповідь вірна і повна

Сума стартових балів та балів за екзаменаційну роботу переводиться у рейтингову оцінку згідно з таблицею 2.

Екзамен в умовах дистанційного навчання проводиться через складання тесту on-line використовуючи ZOOM або GoogleClassroom.

Сума стартових балів та балів за екзаменаційний тест переводиться у рейтингову оцінку згідно з таблицею 2:

Таблиця 2. Переведення суми стартових і екзаменаційних балів у рейтингову оцінку з кредитного модуля RD :

$RD=R_c+R_E$	Традиційна оцінка
95...100	відмінно
85...94	дуже добре
75...84	добре
65...74	задовільно
60...64	достатньо
< 60	незадовільно
$R_c < 30$ або не виконані інші умови допуску до екзамену	не допущений

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Питання для самопідготовки до складання екзамену:

Приклад екзаменаційного білету:

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором, д.т.н. , професором, Головко Леонідом Федоровичем, доцентом, к.т.н. Блощиним Михайлом Сергійовичем

Ухвалено кафедрою лазерної техніки та фізико-технічних технологій (протокол № 13 від 15.06.23)

Погоджено Методичною комісією інституту НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 12/23 від 28.06.2023 року)

Додаток А

Перелік завдань для домашньої контрольної роботи

Поглибити теоретичні уявлення про процес:

- плазмової обробки
- електровибухової обробки
- магніто-імпульсної обробки
- індукційного способу формоутворення

одержати практичні навички розрахунків режимів, їхньої оптимізації, проектування оснащення, вибору устаткування й необхідних матеріалів.

Виконати конкретний варіант завдання по створенню нероз'ємного з'єднання радіатора водяного охолодження, що полягає в наступному:

- по заданому профілю деталі, його геометричним розмірам, вимогам до точності, шорсткості обробки, матеріалу деталі визначити:

- вибрати оптимальну технологію обробки
- режими обробки;
- виконати їх оптимізацію.

Таблиця вибору варіанту завдання

Таблиця вибору варіанту завдання

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0							I									
1							I									
2							I									
3				Варіанти			I									
4	-	-	-	-	-	-	46									
5																
6																
7																
8																
9																

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сталь 45	40X	AK6	20X13	X18H10X	АД35	Мідь	AK7	BT14	AM5 (АЛ19)

Таблиця вибору геометрії по варіанту завдання

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>Діаметр трубки, мм</i>	6	5	3	12	10	30	20	80	18	30	40	60	80	50	25	30
<i>Товщина стілки, мм</i>	0,1	1	1,2	1	0,5	2	1	3	0,4	2	1,5	3	4	5	1	1
<i>Довжина трубки, мм</i>	30 0	10 0	40 0	20 0	30 0	20 0	50 0	30 5	40 0	60 0	30 0	50 0	20 0	15 0	10 0	20 0
<i>Відстань між осями трубок</i>	40	60	30	50	60	40	30	10 0	25	50	50	80	90	60	40	30
<i>Кут між арматурою і трубою</i>	15	0	10	20	0	10	10	20	20	0	30	10	15	20	0	18
<i>Кількість з'єднуємих трубок, шт</i>	30	40	10 0	60	80	20 0	30	5	30 0	70	50	3	5	6	40	80
<i>Товщина пластини- поперечини, мм</i>	3	4,5	3,0	2	2	3	3	6	1	1	3	4,5	5	5	1,0	1

перелік питань, які виносяться до календарного контролю

Завдання № 1.

Розрахувати енергетичні характеристики процесу обробки матеріалу, що дозволяють отримати уявлення про технологічні можливості процесів обробки з використанням різних висококонцентрованих джерел енергії.

Завдання №2

Процес розмірної обробки матеріалів стаціонарним дуговим розрядом. Механізм формоутворення порожнин, основні технологічні характеристики: продуктивність, точність обробки, якість обробленої поверхні. Обладнання для реалізації процесу.

Завдання №3

Основні параметри електричних імпульсів, які використовуються при імпульсній електророзрядній обробці матеріалів з застосуванням іскрового, дугового, дугового стаціонарного розрядів. Як вони впливають на величину зношування електрода-інструмента.

Завдання № 4

Побудова електромашинних генераторів імпульсів, що використовуються при електророзрядній обробці. Визначити параметри імпульсів, які вони забезпечують в залежності від конструкції.

Завдання № 5

Швидкість анодного розчинення при електрохімікогідрравлічній обробці. Визначити основні технологічні параметри процесу утворення порожнини в деталі виготовленої зі сталі 20Х13 (електрохімічний еквівалент $2,8 \cdot 10^{-4}$ г/А.с., густина $7,8 \cdot 10^{-3}$ г/мм³), з використанням електроліту - NaCl (електропровідність, $\mu=15$ См.м⁻¹), джерела струму з $\eta=74\%$ при напрузі між електродами $U=12$ В, міжелектродному зазорі $a=0,5$ мм.

Завдання № 6

Електрохімікогідрравлячна обробка складнофасонних деталей типу лопатка газової турбіни, схема процесу, технологічне обладнання. Навести найбільш ефективні електроліти та їх необхідні витрати при обробці.

Завдання № 10

Наведіть електроліти, які використовуються при електрохімічній обробці, найбільш ефективні з точки зору продуктивності й розповсюдженості. Способи очистки електролітів та зменшення їх корозійної дії на заготовки і деталі технологічного обладнання.

Завдання № 13

Навести методику визначення розподілу відповідних точок на поверхнях складнопрофільних деталей і інструментів при формоутворенні виробів електрохімічним методом обробки.

Завдання № 7

Методика визначення резонансної довжини ступінчастого циліндричного, експоненціального, конічного, катеноїдального концентраторів, виготовлених із сталі. Якщо частота коливань $f = 22$ кГц, модуль Юнга $20,6 \cdot 10^8$ кг/с²см, густина сталі $\rho = 7,8 \cdot 10^{-3}$ кг/см³.

Завдання № 8

Визначити коефіцієнт підсилення амплітуди повздовжніх ультразвукових коливань концентраторів різної просторової конструкції (ступінчастого циліндричного, експоненціального, конічного і інших).

Завдання № 9

Навести способи підвищення продуктивності, точності, та якості обробки ультразвуковим методом виробів різних форм та складності виготовлених із скла, кераміки та інших матеріалів.

Завдання № 11

При комбінованій електролазерній обробці формування наскрізного отвору відбувається при наявності двох різних процесів - видалення матеріалу за рахунок дії лазерного випромінювання, а також дії енергії електричного розряду. Навести принципову схему процесу, висвітлити механізм видалення матеріалу, приклад організації технологічного обладнання.

Завдання № 12

Параметри якості електророзрядної обробки матеріалів. Принципи визначення режимів процесу які забезпечують отримання мінімальної зони термічного впливу при максимально можливій продуктивності.

Завдання № 14

При електророзрядній обробці матриці пресформи, виготовленої із корозійностійкої сталі 40X13, використовується профільований електрод інструмент. Доведіть із якого із трьох матеріалів (сталь У8, мідь М01, твердий сплав ВК8) краще виготовити інструмент, який буде мати найбільшу ерозійну стійкість.

Завдання № 15

Навести всі можливі технології обробки матеріалів та інтервали температур, при яких вони реалізуються, як що енергетичне джерело методу, який аналізується, дозволяє сконцентрувати на поверхні обробляемого матеріалу енергію з густиною потужності: 10^2 Вт/см²; 10^3 - 10^4 Вт/см²; 10^5 - 10^6 Вт/см²; 10^7 - 10^8 Вт/см²; 10^9 Вт/см² 10^{12} Вт/см² і вище.

Перелік питань на екзамен

1. Магніто-імпульсна обробка. Фізична сутність процесу. Переваги, недоліки. Приклади застосування.
2. Електродинамічний спосіб формоутворення.
3. Індукційний спосіб формоутворення.
4. Типові операції магніто-імпульсного формоутворення. Обладнання.
5. Технологічні показники процесу магніто-імпульсного формоутворення та його особливості
6. Електровибухова обробка. Фізична сутність процесу.
7. Електричний розряд в рідині, у вакуумі.
8. Технологічні операції електровибухової обробки. Нанесення покриттів.
9. Застосування електровибухової обробки для штамповки та кування.
10. Застосування електровибухової обробки для очищення виробів.
11. Застосування електровибухової обробки для отримання нероз'ємних з'єднань.
12. Застосування електровибухової обробки для дроблення матеріалів (подрібнення кремнію), зміцнення, спікання й ущільнення.
13. Застосування електровибухової обробки для зміни властивостей поверхонь, нанесення покриттів.
14. Приклади нанесення покриттів електровибуховим способом у промисловості. Діаграма технологічних процесів обробки поверхонь (легування, нанесення покриттів).
15. Комбіновані і гібридні фізико-хімічні методи обробки, тенденції їх розвитку. Особливості процесу. Анодно-механічне різання: загострювання інструменту й інші характерні операції
16. Електроерозійно-хімічна обробка. Фізика процесу.
17. Обладнання для гібридного процесу електроерозійно-хімічної обробки.
18. Ультрозвукова електрохімічна обробка.
19. Електрохімікоультразвукова обробка з абразивонесучим електролітом.
20. Електрохіміколазерна обробка.

21. Обробка абразивонесучим інструментом з накладанням ультразвукових коливань.
22. Лазерна обробка при накладенні ультразвукових коливань.
23. Електролазерна обробка. Особливості та межі використання. Основні закономірності обробки отворів. Продуктивність, точність, якість.
24. Електролазерна обробка. Технологічні процеси (контрочні отвори, лазерно-плазмове наплавлення та зварювання).
25. Аналіз конструкцій, матеріалів, умов зношування деталей, для яких економічно доцільно застосовувати відновлення зношених поверхонь наплавленням (у тому числі лазерно-плазмовим).
26. Способи наплавлення матеріалів такі, як електродуговий, плазмовий, газовий, електроконтактний, лазерний й інші, їх характеристики, особливості.
27. Комбінований спосіб лазерно-дугового (плазмового) наплавлення.
28. Комбіновані способи лазерно-дугової обробки матеріалів у залежності від просторово-часових характеристик теплового джерела.
29. Баланс енергій, витрачених на лазерно-плазмовий процес наплавлення.
30. Моделювання процесу лазерно-плазмового наплавлення.
31. Алгоритм визначення умов реалізації комбінованого процесу лазерно-дугового наплавлення.
32. Технологічні характеристики процесу лазерно-плазмового наплавлення.
33. Гібридний процес лазерно-плазмової обробки матеріалів.
34. Лазерно-індукційне наплавлення.
35. Лазерно-струминна обробка. Принцип, схеми реалізації.
36. Способи введення лазерного променя в швидкоплинний потік рідини. Вплив на потік рідини форми отвору насадку та відстані від торця насадку до оброблюваної площини.
37. Струмінно-лазерна обробка отворів у напвнювачах стільникових систем та в сендвіч-панелях.
38. Розрахунок температурних полів при дії лазерно-струминного потоку.
39. Пристрій для фокусування лазерного випромінення і його поєднання з струменем рідини.
40. Особливості застосування струменно-лазерної обробки.
41. Класифікація методів фінішної обробки.

42. Способи безрозмірної абразивної обробки.
43. Магніто-абразивна обробка. Сутність процесу. Переваги, недоліки, область застосування.
44. Способи МАП за ознаками, Приклади схем полірування виробів зі складнопрофільними поверхнями.
45. Особливості методу магніто-абразивного полірування.
46. Основні схеми і принципи реалізації МАП.
47. Фізико-хімічні явища при МАО.
48. Робочі технологічні середовища (матеріали) для магнітно-абразивної обробки.
49. Мазильно-охолоджуючі рідини, що застосовують при МАО.
50. Фактор магнітного поля при МАО.
51. Аналіз ефективності МАО.
52. МАП великогабаритних валів.
53. Устаткування і технології магнітно-абразивної обробки труб.
54. Схеми МАП прутків і труб.

перелік питань, які виносяться до модульного календарного контролю

1. Навести енергетичну характеристику процесу обробки матеріалу, яка дозволяє спрогнозувати технологічні можливості та дати порівняльну характеристику любого способу обробки незалежно від особливостей енергетичного джерела.
2. Від яких факторів залежить форма та розміри порожнини у деталі, яку виготовляють на електроерозійному верстаті.
3. Яким чином вибирають матеріал електрода- інструмента при електророзрядній обробці.
4. Які процеси руйнування матеріалу є головними при електророзрядній обробці іскровим розрядом.
5. Чи можна використовувати у якості робочої рідини при електроіскровій обробці звичайну водопровідну воду. Обґрунтуйте рішення.
6. При яких умовах можна реалізувати процес розмірної обробки матеріалів стаціонарним дуговим розрядом.
7. Які скважності електричних імпульсів використовується при імпульсній електророзрядній обробці іскровим та дуговим розрядом.
8. Які фактори впливають на величину зношування електрода-інструмента при імпульсній електророзрядній обробці.
9. Визначить продуктивність електроіскрової електророзрядної обробки при розмірній обробці загартованої сталі та твердого сплаву.
10. Як що електрохімікомеханічну обробку сталі проводити алмазними кругами з різною зернистістю, яка обробка буде більш продуктивною - кругами з великим зерном, чи дрібним.
11. Якщо загальна площа внутрішньої поверхні отвору, яка обробляється електрохімікогідралічним способом, перевищує ту її величину, яку можна обробити існуючим джерелом струму, яке рішення треба прийняти?
12. Визначити коефіцієнт підсилення амплітуди коливань експоненціального концентратора, який використовується при розмірній ультразвуковій обробці, якщо найменший його діаметр становить 4 мм, найбільший - 40 мм.
13. Визначити коефіцієнт підсилення K_p амплітуди коливань ступінчастого циліндричного концентратора, який використовується при розмірній ультразвуковій обробці, якщо найменший його діаметр становить $d=10$ мм, найбільший - $D= 50$ мм.

14. Які фактори впливають на продуктивність ультразвукової обробки і які матеріали доцільно обробляти ультразвуковим методом.
15. Визначити, яку амплітуду повздовжніх коливань можуть забезпечити магнітострикційні перетворювачі електричних ультразвукових коливань у механічні ультразвукової частоти.
16. Визначити, яку амплітуду повздовжніх коливань можуть забезпечити п'єзокерамічні перетворювачі електричних ультразвукових коливань у механічні ультразвукової частоти.
17. Яким законам підпорядковується процес анодного розчинення і як визначити продуктивність електрохімічної обробки?
18. Яка величина зношування електрода інструмента має місце при електрохімікомеханічній обробці зв'язаним абразивом?
19. При електрохімічній обробці можна використовувати різні електроліти. Наведіть електроліти, які є найбільш ефективними з точки зору продуктивності, але на практиці застосовуються рідко, і електроліти, які мають меншу продуктивність, але широко розповсюджені.
20. Що добавляють у електроліти при електрохімічній обробці, щоб забезпечити більш ефективну і тонку очистку електроліту від вискодисперсних продуктів анодного розчинення.
21. Що добавляють у електроліти при електрохімічній обробці, щоб уникнути або зменшити їх корозійну дію на заготовлю та деталі технологічного обладнання.
22. При комбінованій електролазерній обробці формування наскрізного отвору відбувається за рахунок двох різних процесів - видалення матеріалу за рахунок дії лазерного випромінювання, а також дії енергії електричного розряду. Ці процеси відбуваються одночасно чи послідовно? Якщо послідовно, то в якому порядку? Обґрунтуйте відповідь.
23. Які розміри має величина зони термічного впливу при електроіскровій обробці сталей і від яких факторів вона залежить?
24. Яка полярність включення електрода інструмента і електрода заготовки має бути при електроіскровій обробці, щоб забезпечити максимальну продуктивність обробки та мінімальне зношування інструменту?
25. Навести всі можливі технології обробки матеріалів та інтервали температур, при яких вони реалізуються, як що енергетичне джерело методу, який аналізується, дозволяє сконцентрувати на поверхні обробляемого матеріалу енергію з густиною потужності 10^7 - 10^8 Вт/см².
26. Навести всі можливі технології обробки матеріалів та інтервали температур, при яких вони реалізуються, як що енергетичне джерело методу, який аналізується,

дозволяє сконцентрувати на поверхні обробляемого матеріалу енергію з густиною потужності 10^5 - 10^6 Вт/см².

27. Навести всі можливі технології обробки матеріалів, як що енергетичне джерело методу, який аналізується, дозволяє сконцентрувати на поверхні обробляемого матеріалу енергію з густиною потужності 10^3 - 10^4 Вт/см².
28. Навести параметри імпульсів електричного струму, які використовуються при електророзрядній обробці.
29. Які тривалості імпульсів використовують при електроіскровій та електроімпульсній обробці.
30. Що таке скважність електричних імпульсів, як вона змінюється і як вона впливає на процес електророзрядної обробки.