



## Електрофізичні та електрохімічні методи обробки матеріалів

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

<b>Рівень вищої освіти</b>	<i>Перший (бакалаврський)</i>
<b>Галузь знань</b>	<i>13 Механічна інженерія</i>
<b>Спеціальність</b>	<i>131 – Прикладна механіка</i>
<b>Освітня програма</b>	<i>Технології машинобудування</i>
<b>Статус дисципліни</b>	<i>Вибіркова</i>
<b>Форма навчання</b>	<i>очна(денна)/очна(вечірня)/заочна/дистанційна/змішана</i>
<b>Рік підготовки, семестр</b>	<i>IV курс, 7 семестр</i>
<b>Обсяг дисципліни</b>	<i>4,0 кредити 120 годин, Лекції – 36 год., лабораторні – 36 год., СРС 48 год.</i>
<b>Семестровий контроль/ контрольні заходи</b>	<i>залік / модульна контрольна робота</i>
<b>Розклад занять</b>	<i>лекції та лабораторні роботи виконуються за розкладом <a href="https://kpi.ua/web_rozklad">https://kpi.ua/web_rozklad</a></i>
<b>Мова викладання</b>	<i>Українська</i>
<b>Інформація про керівника курсу / викладачів</b>	Лектор: к.ф.-м.н., доцент Ключников Юрій Валентинович <a href="mailto:yu.kliuchnikov@kpi.ua">yu.kliuchnikov@kpi.ua</a> , +380 50 351 74 68 Лабораторні: ст.. викладач Дубнюк Віктор Леонідович, <a href="mailto:vdubnyuk@ukr.net">vdubnyuk@ukr.net</a>
<b>Розміщення курсу</b>	Електронний кампус <a href="https://do.ipk.kpi.ua/">https://do.ipk.kpi.ua/</a> <a href="https://classroom.google.com/c/NDY0OTI3MTMwMTMz">https://classroom.google.com/c/NDY0OTI3MTMwMTMz</a>

#### Програма навчальної дисципліни

### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програму навчальної дисципліни “ Електрофізичні та електрохімічні методи обробки матеріалів” складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра спеціальності 131 «Технології машинобудування».

Навчальна дисципліна належить до циклу професійної та практичної підготовки. Предмет навчальної дисципліни: особливості електрофізичних та електрохімічних методів обробки матеріалів, фізичні та фізико-хімічні процеси при електроерозійній, електрохімічній, ультразвуковій, електронно-променевої, лазерній, плазмовій та комбінованих методах обробки

матеріалів, технологічні операції і режими їх виконання, технологічні характеристики процесів, робочі середовища, інструмент та обладнання.

**Метою** навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей визначати технологічні характеристики процесів оброблення матеріалів із застосуванням електричного розряду, висококонцентрованих потоків енергії, анодного розчинення, коливань ультразвукової частоти або їх комбінованої дії., що включає таку послідовність дій для стандартних виробничих ситуацій:

- попередня порівняльна оцінка можливостей існуючих методів обробки, а також електрофізичних і електрохімічних, що стосується розмірних, якісних, показників продуктивності та собівартості, для обґрунтування вибору методу;
- аналіз придатних технологічних схем обробки з цією ж метою;
- режимне забезпечення обраної схеми обробки з урахуванням вимог технічного завдання (ТЗ) та можливостей технологічного обладнання взагалі або до якого є доступ.

Таким чином, **предметом дисципліни** є технологічне забезпечення обраного процесу формоутворення заданих елементів заготовки.

Вивчення освітнього компонента передбачає підсилення та розвиток у студентів компетентностей, передбачених освітньою програмою «Технології машинобудування», яка розроблена з урахуванням Стандарту вищої освіти України: перший (бакалаврський) рівень, галузь знань 13 – Механічна інженерія, спеціальність 131 – Прикладна механіка.

**Вивчення дисципліни сприяє підсиленню наступних компетентностей:**

ФК1. Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки.

ФК3. Здатність проводити технологічну і техніко-економічну оцінку ефективності використання нових технологій і технічних засобів.

ФК11 Здатність обирати оптимальні типові технологічні процеси при виготовленні виробів та конструкцій

**Результати навчання освітнього компонента** деталізують такі програмні результати навчання, передбачені освітньою програмою «Технології машинобудування»:

РН2. Використовувати знання теоретичних основ механіки рідин і газів, теплотехніки та електротехніки для вирішення професійних завдань.

РН23 Вибирати необхідне обладнання для заданих умов виробництва, виконувати за відомими методиками розрахунок конструктивних елементів та параметрів налаштування верстатів.

РН25 Проектувати окремі технологічні операції та технологічні процеси оброблення деталей.

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

Базується на знаннях, які засвоїв студент при вивченні фундаментальних та професійно-орієнтованих дисциплін: «Інженерна та комп'ютерна графіка», «Загальна фізика», «Механіка матеріалів і конструкцій», «Теорія механізмів і машин», «Деталі машин і основи конструювання», «Електротехніка та електроніка», «Вища математика», «Технологія конструкційних матеріалів, «Матеріалознавство». У свою чергу дисципліна може бути корисною для подальшої підготовки з дисциплін: «Переддипломна практика», «Дипломне проектування».

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

**Вступ.** Загальна характеристика електрофізичних та електрохімічних методів обробки матеріалів.

Класифікація електрофізичних та електрохімічних методів обробки матеріалів. Особливості електрофізичних та електрохімічних методів обробки матеріалів.

**Розділ 1.** Електроерозійна обробка матеріалів.

1.1. Фізичні процеси при електроерозійній обробці матеріалів.

1.2. Основні параметри імпульсного розряду.

1.3. Робоча рідина, яка використовується при електроерозійній обробці матеріалів.

1.4. Електроди-інструменти.

1.5. Методи формування при електроерозійній обробці матеріалів.

1.6. Технологічні операції електроерозійної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу електроерозійної обробки матеріалів. Обладнання для електроерозійної обробки матеріалів.

**Розділ 2.** Електрохімічна обробка матеріалів.

2.1. Фізико-хімічні процеси при електрохімічній обробці матеріалів. Види електрохімічної обробки матеріалів.

2.2. Характеристика електролітів для електрохімічної обробки матеріалів. Методи стабілізації параметрів електролітів. Електроди-інструменти.

2.3. Технологічні операції електрохімічної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу електрохімічної обробки матеріалів. Обладнання для електрохімічної обробки матеріалів.

**Розділ 3.** Ультразвукова обробка матеріалів

3.1. Фізико-хімічні процеси при ультразвуковій обробці матеріалів. Класифікація процесів ультразвукової обробки матеріалів. Ультразвукова абразивна обробка матеріалів. Характеристика ультразвукової абразивної обробки різних матеріалів. Робоче середовище при ультразвуковій абразивній обробці матеріалів. Інструменти для ультразвукової абразивної обробки матеріалів.

3.2. Технологічні операції ультразвукової абразивної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу ультразвукової абразивної обробки матеріалів. Обладнання для ультразвукової абразивної обробки матеріалів.

**Розділ 4.** Електронно-променева обробка матеріалів.

4.1. Загальна характеристика та схема електронно-променевої обробки матеріалів. Фізичні процеси при електронно-променевій обробці матеріалів.

4.2. Технологічні операції електронно-променевої обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу електронно-променевої обробки матеріалів. Обладнання для електронно-променевої обробки матеріалів.

**Розділ 5.** Плазмова обробка матеріалів.

5.1. Принцип дії плазмотрона. Методи стабілізації дуги в плазмотроні. Фізичні процеси при плазмовій обробці матеріалів.

5.2. Технологічні операції плазмової обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу плазмової обробки матеріалів. Обладнання для плазмової обробки матеріалів.

**Розділ 6.** Лазерна обробка матеріалів.

6.1. Принцип дії лазера. Характеристика лазерного випромінювання. Фізичні процеси при лазерній обробці матеріалів.

6.2. Технологічні операції лазерної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу лазерної обробки матеріалів. Обладнання для лазерної обробки матеріалів.

**Розділ 7.** Комбіновані та фізико-механічні методи обробки матеріалів.

7.1. Анодно-механічна обробка матеріалів. Електроерозійно-хімічна обробка матеріалів. Ультразвукова електрохімічна обробка матеріалів. Вібраційна обробка матеріалів.

7.2. Гідро-абразивна обробка матеріалів. Магнітно-абразивна обробка.

#### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

##### *Основна література*

1. Курс лекцій з дисципліни «Електрофізичні та електрохімічні методи обробки матеріалів» «Машинобудування» [Електронний ресурс] : [презентація] / НТУУ «КПІ» ; уклад. В. Л. Дубнюк. – Електронні текстові дані (1 файл: 13 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2014. – 146 с. – <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/7757>

2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Електрофізичні та електрохімічні методи обробки матеріалів" для студентів всіх форм навчання спеціальності 131 - Прикладна механіка / Л.Ф. Головка, М.С. Блощинин - К.: НТУУ "КПІ", 2021. - 68 с. <http://ltft.kpi.ua/ua/studentam/navchalno-metodychna-dokumentatsiia/155-elektrofizichni-ta-elektrokhimichni-metodi-obrobki-materialiv.html>

3. Технологія лазерної поверхневої обробки матеріалів. Курс лекцій \ Головка Л.Ф. НТУУ «КПІ», 2015. <http://ltft.kpi.ua/documents/PLPO/PLPO-lec.pdf>

4. Електро-фізико-хімічні методи обробки матеріалів. Курс лекцій \ Головка Л. Ф. НТУУ «КПІ», 2015. <http://ltft.kpi.ua/documents/EFHMO/EFHMO-lec.pdf>

5. Технологія лазерної розмірної обробки. В.П. Котлярів. НТУУ «КПІ», 2014

### *Додаткова література*

1. Електрофізичні та електрохімічні методи обробки поверхонь деталей у машинобудуванні: [навчальний посібник]. - Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2011.- 412 с. Кіяновський М.В., Цивінда Н.І.

2. Коваленко В.С. Технология и оборудование электрофизических и электрохимических методов обработки материалов.- К.: Выща шк., 1983

3. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов. Учеб. пособие. В 2-х томах. Т. 1. Обработка материалов с применением инструмента /Б.А.Артамонов, Ю.С.Волков и др. Под ред. В.П.Смоленцева.- М.: Высшая шк., 1983.-247 с.:ил.

4. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов. Учеб. пособие. В 2-х томах. Т. 2. Обработка материалов с использованием высококонцентрированных источников энергии/Б.А.Артамонов, Ю.С.Волков и др. Под ред. В.П.Смоленцева.- М.: Высшая шк., 1983.-247 с.:ил.

5. Коваленко В.С. Лазерная технология.- К.: Выща шк.- 1989, 278 с.: ил.

6. Advanced Machining Processes. Copyright © 2005 by The McGraw-Hill Companies. All rights reserved. Manufactured in the United States of America.

7. Manufacturing, Engineering & Technology, Fifth Edition, by Serope Kalpakjian and Steven R. Schmid. ISBN 0-13-148965-8. © 2008 Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, NJ.

8. Manufacturing Technology for Aerospace Structural Materials / F.C. Campbell / First edition 2006. Library of Congress Control Number: 2006927672; ISBN-13: 978-1-85-617495-4; ISBN-10: 1-85-617495-6

### *Інформаційні ресурси*

1. <http://ltft.kpi.ua>(сайт кафедри ЛТФТТ)

2. [login.kpi.ua](http://login.kpi.ua) (сайт КАМПУС'у)

3. [library.ntu-kpi.kiev.ua](http://library.ntu-kpi.kiev.ua) (сайт науково – технічної бібліотеки НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)

4. <https://classroom.google.com> (курс у Гугл класі)

## **Навчальний контент**

### **5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Навчальний матеріал освітнього компоненту викладається на заняттях згідно з наступною структурою (табл. 1).

Табл. 1. Структура викладання освітнього компоненту

Назви розділів та тем	Кількість годин			
	Всього	у тому числі		
		Лекції	Лабораторні	СРС
1	2	3	4	5
<b>Вступ. Загальна характеристика електрофізичних та електрохімічних методів обробки матеріалів</b>				
Вступ. Класифікація електрофізичних та електрохімічних методів обробки матеріалів. Особливості електрофізичних та електрохімічних методів обробки матеріалів.	4	4		
Всього за розділом Вступ	4	4		
<b>Розділ 1. Електроерозійна обробка матеріалів</b>				
Тема 1.1. Фізичні процеси при електроерозійній обробці матеріалів. Основні параметри імпульсного розряду.	8	2	4	4
Тема 1.2. Робоча рідина, яка використовується при електроерозійній обробці матеріалів. Електроди-інструменти. Методи формоутворення при електроерозійній обробці матеріалів.	10	2	4	2
Тема 1.3. Технологічні операції електроерозійної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу електроерозійної обробки матеріалів. Обладнання для електроерозійної обробки матеріалів.	10	2	4	4
Всього за розділом 1	28	6	12	10
<b>Розділ 2. Електрохімічна обробка матеріалів</b>				
Тема 2.1. Фізико-хімічні процеси при електрохімічній обробці матеріалів. Види електрохімічної обробки матеріалів.	6	2		4
Тема 2.2. Характеристика електролітів для електрохімічної обробки матеріалів. Методи стабілізації параметрів електролітів. Електроди-інструменти.	6	2		4
Тема 2.3. Технологічні операції електрохімічної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу електрохімічної обробки матеріалів. Обладнання для електрохімічної обробки матеріалів.	6	2		4
Всього за розділом 2	18	6		12
<b>Розділ 3. Ультразвукова обробка матеріалів</b>				
Тема 3.1. Фізико-хімічні процеси при ультразвуковій обробці матеріалів. Класифікація процесів ультразвукової обробки матеріалів. Ультразвукова абразивна обробка матеріалів. Характеристика ультразвукової абразивної обробки різних матеріалів. Робоче середовище при ультразвуковій абразивній обробці матеріалів. Інструменти для ультразвукової абразивної обробки матеріалів.	8	2	4	2
Тема 3.2. Технологічні операції ультразвукової абразивної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу	8	2	4	2

ультразвукової абразивної обробки матеріалів. Обладнання для ультразвукової абразивної обробки матеріалів.				
Всього за розділом 3	16	4	8	4
<b>Розділ 4. Електронно-променева обробка матеріалів</b>				
Тема 4.1. Загальна характеристика та схема електронно-променевої обробки матеріалів. Фізичні процеси при електронно-променевої обробці матеріалів.	6	2		4
Тема 4.2. Технологічні операції електронно-променевої обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу електронно-променевої обробки матеріалів. Обладнання для електронно-променевої обробки матеріалів.	6	2		4
Всього за розділом 4	12	4		8
<b>Розділ 5. Плазмова обробка матеріалів</b>				
Тема 5.1. Принцип дії плазмотрона. Методи стабілізації дуги в плазмотроні. Фізичні процеси при плазмовій обробці матеріалів.	6	2		4
Тема 5.2. Технологічні операції плазмової обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу плазмової обробки матеріалів. Обладнання для плазмової обробки матеріалів.	6	2		4
Всього за розділом 5	12	4		8
<b>Розділ 6. Лазерна обробка матеріалів</b>				
Тема 6.1. Принцип дії лазера. Характеристика лазерного випромінювання. Фізичні процеси при лазерній обробці матеріалів.	4	2	4	
Тема 6.2. Технологічні операції лазерної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу лазерної обробки матеріалів. Обладнання для лазерної обробки матеріалів.	16	2	8	4
Всього за розділом 6	20	4	12	4
<b>Розділ 7. Комбіновані та фізико-механічні методи обробки матеріалів</b>				
Тема 7.1. Анодно-механічна обробка матеріалів. Електроерозійно-хімічна обробка матеріалів. Ультразвукова електрохімічна обробка матеріалів. Вібраційна обробка матеріалів.	4	2		2
Тема 7.2. Гідро-абразивна обробка матеріалів. Магнітно-абразивна обробка.	6	2	4	
Всього за розділом 7	10	4	4	2
Всього годин	120	36	36	48

### 5.1. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СРС з посиланням на літературу)
1	<p><b>Вступна лекція (Частина 1). Класифікація електрофізичних та електрохімічних методів обробки матеріалів.</b></p> <p>Мета та задачі курсу.</p> <p>Основні терміни та визначення.</p> <p>Визначення енергетичних характеристик методів обробки матеріалів.</p> <p>Класифікація електрофізичних та електрохімічних методів обробки.</p> <p>Загальна характеристика методів та їх порівняння.</p> <p>Загальний техніко-економічний аналіз фізико-технічних методів обробки.</p> <p>Межі використання.</p> <p>Гібридні технології обробки матеріалів.</p> <p>Порівняльна характеристика електроерозійної та електрохімічної обробки.</p>

	<p>Приклади застосування електроерозійної та електрохімічної обробки деталей. Хімічна обробка. Ультразвукова обробка. Типові операції і технологічні процеси ультразвукової обробки.</p>
2.	<p><b>Вступна лекція (Частина 2). Променеві методи обробки. Гідроабразивна обробка.</b> Загальна характеристика променевих способів обробки матеріалів. Основні технологічні операції. Гідроабразивна обробка. Адитивні технології і їх зв'язок з фізико-технічними технологіями. Точність розмірів та шорсткість поверхні, отриманої різними технологічними методами. Порівняння різних способів термічного різання.</p>
3.	<p><b>Фізичні процеси при електроерозійній обробці матеріалів. Основні параметри імпульсного розряду [1, 3, 4].</b> Електророзрядна обробка матеріалів. Фізична сутність процесу. Іскровий та дуговий розряд. Механізм руйнування матеріалів у залежності від характеру розряду. Параметри електричних імпульсів. Методи генерації електричних імпульсів..</p>
4	<p><b>Робоча рідина, яка використовується при електроерозійній обробці матеріалів. Електроди-інструменти. Методи формоутворення при електроерозійній обробці матеріалів [1, 3, 4].</b> Робочі рідини, функції, вимоги, гідродинамічні характеристики. Інструменти, методика їх проектування. Методологія визначення режимів обробки. Технологічні характеристики електроерозійної обробки. Продуктивність. Точність та якість обробки.</p>
5	<p><b>Технологічні операції електроерозійної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу електроерозійної обробки матеріалів. Обладнання для електроерозійної обробки матеріалів [1, 3, 4].</b> Обробка профільованим електродом. Обробка дротяним електродом. Типові операції та технологічні процеси електроерозійної обробки. Електроконтактна обробка. Основні фізичні процеси. Механізм руйнування та деформування матеріалів. Інструменти. Типові операції. Обладнання для електроконтактної обробки. Електроіскрове легування. Фізика процесу. Технологічні закономірності. Методи визначення режимів легування. Обладнання та інструменти. Типові операції електроіскрового легування, їх технологічні характеристики.</p>
6	<p><b>Фізико-хімічні процеси при електрохімічній обробці матеріалів. Види електрохімічної обробки матеріалів [1, 3, 4, Д1].</b> Електрохімічна обробка матеріалів. Процес анодного розчинення. Закони Фарадея. Швидкість анодного розчинення її розрахунок. Електрохімічний еквівалент металів, сплавів. Процес формоутворення при електрохімічній обробці.</p>

	<p>Методи визначення міжелектродного проміжку.  Метод електрографічних карт.  Електрохіміко-гідравлічна обробка.  Алгоритм визначення режимів обробки.  Основні обмеження при визначенні режимів електрохімічної обробки.</p>
7	<p><b>Характеристика електролітів для електрохімічної обробки матеріалів. Методи стабілізації параметрів електролітів. Електроди-інструменти [1, 3, 4, Д1].</b>  Електроліти для електрохімічної обробки: функції, вимоги, гідродинамічні характеристики.  Методи стабілізації параметрів електролітів.  Електроди-інструменти.  Методика корегування електродів - інструментів.</p>
8	<p><b>Технологічні операції електрохімічної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу електрохімічної обробки матеріалів. Обладнання для електрохімічної обробки матеріалів [1, 3, 4].</b>  Технологічні характеристики електрохімічної обробки.  Продуктивність. Точність, ефект вторинної обробки.  Якість обробки.  Обладнання для електрохімічної обробки: джерела живлення, системи автоматичного регулювання міжелектродного проміжку, гідросистеми.  Типові операції електрохіміко-гідравлічної обробки.  Електрохіміко-механічна обробка.</p>
9	<p><b>Фізико-хімічні процеси при ультразвуковій обробці матеріалів. Класифікація процесів ультразвукової обробки матеріалів. Ультразвукова абразивна обробка матеріалів. Характеристика ультразвукової абразивної обробки різних матеріалів. Робоче середовище при ультразвуковій абразивній обробці матеріалів. Інструменти для ультразвукової абразивної обробки матеріалів [1, 3, 4].</b>  Розповсюдження ультразвукових коливань в різних матеріалах, можливість їх концентрації. Фізичні процеси руйнування матеріалів. Обладнання для ультразвукової обробки. Магніострикційні та п'єзокерамічні перетворювачі. Концентратори. Розрахунок концентраторів. Інструменти. Технологічні характеристики; продуктивність, точність, якість обробки. Показники оброблюваності матеріалів.</p>
10	<p><b>Технологічні операції ультразвукової абразивної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу ультразвукової абразивної обробки матеріалів. Обладнання для ультразвукової абразивної обробки матеріалів [1, 4].</b>  Типові операції і технологічні процеси розмірної ультразвукової обробки. Ультразвукове очищення. Обладнання. Типові операції. Ультразвукове зварювання. Технологічне використання ультразвуку. Ультразвукове свердлення, нарізання зубчастих коліс, шевінгування, точіння.</p>
11	<p><b>Загальна характеристика та схема електронно-променевої обробки матеріалів. Фізичні процеси при електронно-променевої обробці матеріалів [1, 3, 5].</b>  Променеві методи обробки.  Електронно-променева обробка матеріалів.  Фізична сутність процесу одержання електронно-променевого пучка.  Електропроменеві гармати.  Конструкції та принцип дії електроннопроменевої гармати.  Процеси взаємодії електронного променя з матеріалами.  Можливості фокусування електронного променя.</p>



12	<p><b>Технологічні операції електронно-променевої обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу електронно-променевої обробки матеріалів. Обладнання для електронно-променевої обробки матеріалів [1, 3, 5].</b></p> <p>Технологічні операції електронно-променевої обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу електронно-променевої обробки матеріалів. Обладнання. Електронно-променеве зварювання, виготовлення отворів, поверхнєве зміцнення.</p>
13	<p><b>Принцип дії плазмотрона. Методи стабілізації дуги в плазмотроні. Фізичні процеси при плазмовій обробці матеріалів [1, 3, 5].</b></p> <p>Плазмова обробка матеріалів. Фізика процесу. Плазмотрони. Плазмоутворюючі гази. Методи стабілізації дуги. Розрахунок режимів плазмової обробки.</p>
14	<p><b>Технологічні операції плазмової обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу плазмової обробки матеріалів. Обладнання для плазмової обробки матеріалів [1, 3, 5].</b></p> <p>Плазмове термозміцнювання, зварювання, наплавлення, різання. Комбіноване плазмо-механічне різання. Типові операції та обладнання.</p>
15	<p><b>Принцип дії лазера. Характеристика лазерного випромінювання. Фізичні процеси при лазерній обробці матеріалів [1, 3, 5].</b></p> <p>Лазерне випромінювання, способи його одержання. Основні властивості лазерного випромінювання. Принцип дії та побудова твердотільного лазерного випромінювача. Активні середовища. Способи накачки. Газорозрядні лампи. Резонатори. Газові лазери, принцип роботи, типи, конструкції. Напівпровідникові потужні лазери, їх побудова, принцип роботи, характеристики. Волоконні лазери. Способи транспортування та фокусування лазерного випромінювання.</p>
16	<p><b>Технологічні операції лазерної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу лазерної обробки матеріалів. Обладнання для лазерної обробки матеріалів [1, 3, 5].</b></p> <p>Процеси лазерного термозміцнення, легування та наплавлення, вирощування тривимірних виробів. Розрахунок режимів лазерної обробки. Лазерне зварювання, розмірна обробка. Технологічне обладнання. Типові операції лазерної обробки.</p>
17	<p><b>Анодно-механічна обробка матеріалів. Електроерозійно-хімічна обробка матеріалів. Ультразвукова електрохімічна обробка матеріалів. Вібраційна обробка матеріалів [1, 3, 5].</b></p> <p>Анодно-механічна обробка. Фізика процесу. Особливості процесу. Анодно-механічне різання: загострювання інструменту. Визначення режимів обробки. Інструменти. Технологічні операції. Ультразвукова електрохімічна обробка. Механізм руйнування матеріалів. Обробка абразиво несучим інструментом. Технологічні характеристики. Типові операції. Обладнання для комбінованої обробки. Вібраційна обробка матеріалів.</p>
18	<p><b>Гідро-абразивна обробка матеріалів. Магніто-абразивна обробка [Д1, 1, 3, 5].</b></p> <p>Водоструйна обробка Струйна абразивна обробка Льодоструйна обробка. Порівняння водоструйної і льодоструйної обробки</p>

Гідроабразивна розмірна обробка. Обладнання. Технологічні характеристики гідро абразивної обробки. Порівняння гідро абразивної обробки з іншими процесами обробки. Технологічна схема гідро абразивної обробки. Основні технологічні застосування гідро абразивної обробки Гідроабразивна оздоблювально-зачисна обробка Магнітно-абразивна обробка
--

## 5.2. Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять.

Метою циклу лабораторних робіт є закріплення головних тем освітнього компоненту, які вивчено теоретично. Його головним завданням є надання знань та умінь прогнозування результатів проектування технологічної операції оброблення матеріалів з урахуванням їх структури, фізичних, механічних, хімічних та експлуатаційних властивостей, а також економічних факторів. В зв'язку з цим, всі лабораторні роботи пов'язано з цією діяльністю.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість аудиторних годин
1.	Технологія прошивання отворів у заготовці електроерозійною обробкою. Особливості мікрорельєфу поверхні при електроіскровому розрізанні.	4
2.	Визначення технологічних показників процесу електроерозійного вирізання. Електроіскрове легування металевих матеріалів.	4
3.	Розрахунок основних енергетичних та технологічних параметрів електронно-променевої обробки матеріалів	4
4.	Вивчення особливостей коливальної системи ультразвукових верстатів і визначення змін швидкості робочої подачі інструмента при прошиванні отвору.	4
5.	Визначення продуктивності ультразвукового прошивного верстату для обробки отворів.	4
6.	Дослідження будови, основних елементів та роботи технологічного лазера на твердому тілі.	4
7.	Дослідження будови, основних елементів та роботи газорозрядного технологічного лазера.	4
8.	Керування енергетичними параметрами лазерного технологічного обладнання.	2
9.	Визначення параметрів технологічного процесу лазерної поверхневої термообробки сплавів.	4
10.	Вивчення основних закономірностей вібраційної обробки.	2

## 6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу	Кількість годин СРС
1	<b>Тема 1.1.</b> Методика розрахунку електричних параметрів електроерозійної обробки заготовок[Д1..5]. Методика розрахунку техніко-економічних показників електроерозійної обробки заготовок [Д1...5]	2
	<b>Тема 1.2.</b> Визначення електричних параметрів електроерозійної обробки заготовок[Д1...5]	4
	<b>Тема 1.3.</b> Визначення техніко-економічних показників електроерозійної обробки заготовок[Д1...5].	4

2	<i>Тема 2.1. Методика розрахунку основних параметрів електрохімічної обробки[Д1...5]</i> <i>Тема 2.2. Визначити основні параметри розмірної ЕХО[Д1...5].</i> <i>Тема 2.3. Обладнання для електрохімічної обробки матеріалів</i>	4 4 4
3	<i>Тема 3.1. Обладнання для ультразвукової обробки. Магнітострикційні та п'єзокерамічні перетворювачі. Концентратори. Розрахунок концентраторів. Інструменти[2].</i> <i>Тема 3.2. Обладнання для ультразвукової абразивної обробки матеріалів.</i>	4 4
4	<i>Тема 4.1. Технологічні характеристики процесу електронно-променевої обробки матеріалів[1, 3, 5].</i> <i>Тема 4.2. Обладнання для електронно-променевої обробки матеріалів[1, 3, 5].</i>	4 4
5	<i>Тема 5.1. Технологічні операції плазмової обробки матеріалів [1, 3, 5].</i> <i>Тема 5.2. Обладнання для плазмової обробки матеріалів [1, 3, 5].</i>	4 4
6	<i>Тема 6.2. Лазерне гартування. Визначення режимів зміцнення лазерним випромінюванням інструментальних сталей [1, 3, 5, Д6].</i> <i>Тема 6.2. Технологічні операції лазерної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу лазерної обробки матеріалів. Обладнання для лазерної обробки матеріалів [1, 3, 5].</i>	2 2
7	<i>Тема 7.1. Вивчити основні закономірності вібраційної обробки виробів із чорних і кольорових металів; визначити вплив складу й характеристик робочого середовища на продуктивність й якість поверхонь оброблюваних виробів [2].</i> <i>Тема 7.2. Гідро-абразивна обробка матеріалів [Д1].</i>	1 1
8	<i>Всього годин</i>	48

## Політика та контроль

### - 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Викладання освітнього компоненту базується на загально прийнятих нормах та за традиційними правилами, які спонукають студентів бути зацікавленими в отриманні знань з дисциплін, що визначають їх професійні компетенцію та придатність. Серед цих правил важливим, але не визначальним, є **правило відвідування** усіх видів занять, як умови тісного контакту з викладачами для безпосереднього засвоєння їх знань, перейняття досвіду творчого життя, культури та принципів гідного поведіння, вигляду та відношенням до собі рівних та послідовників (або противників). Не завжди кількість відвідувань занять пропорційні якості засвоєння матеріалів дисципліни, більш визначальним є **активність, цікавість, творчість** при виконанні завдань, вирішенні тривіальних задач, що проявляється у пошуку та знаходженні оригінальних рішень системного виду та прикладного характеру. Тому у заслугу студенту повинна ставитися не тупа відсидка за партою на заняттях, а творча непосидливість, активна праця над заданими даними та при пошуку нетрадиційних відповідей та рішень. Велика кількість пропозицій, вимога частих та глибоких пояснень під час засвоєння матеріалу лекцій, на практичних заняттях та при виконанні лабораторних робіт на відповідному обладнанні більш цінні та корисні, ніж вивчені заздалегідь тривіальні основи загально відомих знань, цитування абзаців підручників, конспектів лекцій, тобто повинні оцінюватися викладачами більшою відзнакою.

Що стосується правил пристойної поведінки на заняттях, зокрема, підтримання зв'язку із зовнішнім середовищем, то не **заборона використання відповідних гаджетів** може привести до корисного результату, а зацікавлення студента такою якістю викладання матеріалу, що б йому не було цікаво відволікатися на інші справи. Такий підхід дозволяє широко залучати до творчого процесу навчання можливості **бази даних інтернету**, засобів обчислювальної техніки та наочних матеріалів.

Деякі види навчання, такі як **лабораторні роботи**, мають суттєву відмінність від інших видів занять тим, що потребують прискіпливого приготування до них за межами навчального закладу. Тому крім присутності та активної поведінки студентів в лабораторіях, повинна вимагатися **готовність відповідного рівня** до мети роботи, **наявність** у студента вихідних даних, бланків відповідності та витратних матеріалів у визначеному вигляді. Порядок, умови захисту лабораторних робіт та відповідна його оцінка повинні враховувати особливості виду занять та знайти відбиття в рейтинговій системі оцінювання (PCO).

Визначні за змістом, якістю рішень та оформленням відповідних текстових та графічних матеріалів роботи (індивідуальні та лабораторні), а також ті, що гірші за усіма показниками можуть оцінюватися додатковими **заохочувальними або штрафними балами**, що також повинно відображатися в PCO.

Інші правила та етапи засвоєння освітнього компоненту, включаючи проведення перевірки на **плагіат**, дотримання **академічної доброчесності**, а також досягнення позитивного результату при різних видах контролю повинні відповідати нормативним документам **Університету** та не суперечити законодавству **України**

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

### Поточний контроль.

За темою лекційних занять проводяться **експрес опитування** за пройденими раніше темами, які спонукають кращому розумінню матеріалу, що викладається, та **опитування за темою** лекції або заняття.

### Календарний контроль.

Для контролю поточного стану виконання вимог **силабусу** двічі на семестр за графіком навчального процесу Університету або Інституту проводяться модульні контрольні роботи, тема яких викладена в Додатку Б до сидабусу, а система оцінювання наведена в PCO освітнього компоненту.

### 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 результатів навчання студентів

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань освітнього компоненту згідно з робочим навчальним планом кредитного модуля.

Семестр	Всього (кредит /годин)	Розподіл годин за видами занять			Кількість МКР	Семестрова атестація
		Лекції	Лабораторні роботи	СРС		
8	4.0/120	36	36	48	1	залік

1. Рейтинг студента з освітнього компоненту розраховується виходячи із 100-бальної шкали включає оцінювання заходів поточного контролю з дисципліни впродовж семестру і складається з балів, що студент отримує за:

- виконання лабораторних робіт (**10 робіт**);
- модульну контрольну роботу (**1 робота з 4х частин**);
- а також, заохочувальних та штрафних балів.

#### 2. Критерії нарахування балів:

##### **2.1. Виконання лабораторних робіт:**

Ваговий бал однієї лабораторної роботи – 6 балів. Мінімальна кількість балів, яка повинна бути набраною, щоб лабораторна робота вважалась зарахованою складає 3.6 бали, тобто 60% від максимальної кількості за одну роботу.

### Рейтингові бали за одну лабораторну роботу

Бали	Критерії оцінювання
6,0	Робота виконана повністю, зауважень немає, є відповіді на всі запитання.
5,4	Робота виконана з несуттєвими зауваженнями, у відповідях трапляються неточності.
4,8	Робота виконана з зауваженнями, є відповіді на більшість запитань .
4,2	Робота виконана з помилками, є відповіді лише на частину запитань.
3,6	Робота виконана із значними помилками, є відповіді лише на окремі питання.
0,0	Робота не виконана, звіт не представлений.

Мінімальна кількість балів за всі лабораторні роботи:

$$r_{л.р. min} = 3.6 \text{ балів} \times 10 = 36 \text{ балів.}$$

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи:

$$r_{л.р.} = 6 \text{ балів} \times 10 = 60 \text{ бали.}$$

Звіт з лабораторних робіт захищається на останньому лабораторному занятті до початку заліку за курсом.

### 2.2. Модульна контрольна робота МКР (до 40 балів, або 4 МКР по 10 балів):

Робочим навчальним планом передбачено проведення однієї модульної контрольної роботи (МКР) в обсязі 2 год. МКР відбувається у вигляді чотирьох контрольних робіт по 0,5 години кожна.

Одна контрольна робота складається з кількох завдань. Завдання оновлюються кожного семестру. Ваговий бал однієї контрольної роботи – 10 балів.

Оцінювання контрольної роботи здійснюється відповідно до таблиці:

### Рейтингові бали за одну контрольну роботу

Бали	Критерій оцінювання
10,0	Вірна відповідь більш, ніж на 95 % питань
8,5	Вірна відповідь більш, ніж на 85 % питань
7,5	Вірна відповідь більш, ніж на 75 % питань
6,5	Вірна відповідь більш, ніж на 65 % питань
6,0	Вірна відповідь більш, ніж на 60 % питань
0	Вірна відповідь менш, ніж на 60 % питань або студент був відсутній

Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи відповідно складає:

$$r_{мкр} = 10 \text{ балів} \times 4 = 40 \text{ балів}$$

### 2.3. Штрафні та заохочувальні бали за (не більше 10% від *RD*):

- штрафні бали не передбачені.
- участь у конференції, олімпіаді з дисципліни, модернізації лабораторних робіт, виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни надається від 5 до 10 заохочувальних балів.

### 2.4 Умови рубіжної атестації

Календарний контроль з навчальної дисципліни (освітнього компонента) проводиться, як правило, на 7-8 та 14-15 тижнях кожного семестру. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю з навчальної дисципліни є значення поточного рейтингу здобувача не менше, ніж 50 % від максимально можливого на час проведення такого контролю. Результати календарного контролю заносяться у модуль «Календарний контроль» Електронного кампусу.

## 2.5 Критерії залікового оцінювання

**Умовою допуску до заліку** є зарахування всіх лабораторних робіт (після їх захисту), виконання завдань самостійної роботи та стартовий рейтинг **не менше 30 балів**.

Рейтингова оцінка доводиться до здобувачів на передостанньому занятті з дисципліни в семестрі. Розрахунок шкали рейтингу:

$$RD = \sum (r_{лр} + r_{мкр}) = 60 + 40 = 100 \text{ балів}$$

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи або співбесіди. У цьому випадку бали, отримані за індивідуальну роботу залишаються, а бали отримані за модульні контрольні роботи скасовуються.

На заліку студенти повинні виконати *письмову контрольну роботу* або дати *усну відповідь*. Кожне завдання повинно містити чотири теоретичних запитання (завдання) і одне практичне(задачу). Кожне завдання складено з Переліку запитань до заліку (П.9) з освітнього компоненту. Кожне запитання оцінюється **у 8 балів** за такими критеріями:

### Кількість балів за завдання білета

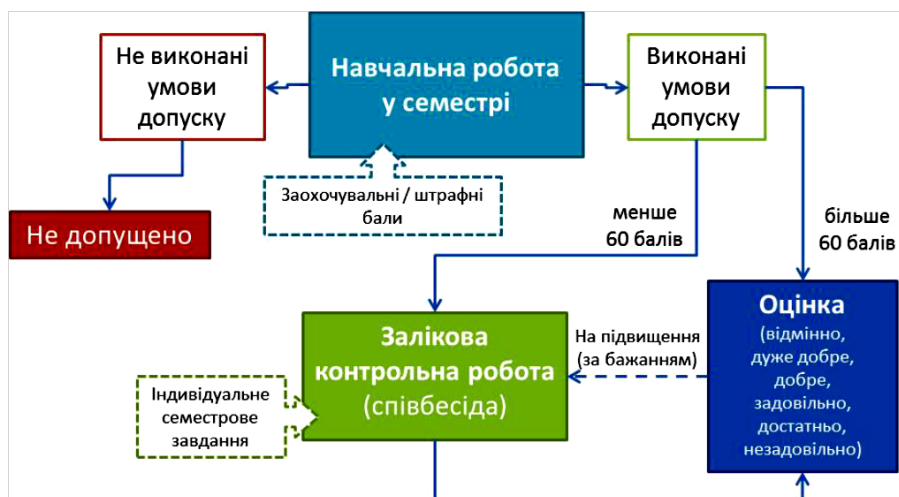
Бали	Критерій оцінювання
8,0	повна відповідь, не менше <b>95%</b> потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання)
6,8	майже повна відповідь, не менше <b>85%</b> потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання)
6,0	достатньо повна відповідь, не менше <b>75%</b> потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями)
5,2	неповна відповідь, не менше <b>65%</b> потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками)
4,8	неповна відповідь, не менше <b>60%</b> потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками)
0	відповідь не відповідає умовам до «достатньо», менше <b>60%</b> , або вона відсутня

До відомості семестрового контролю викладач заносить рейтингові бали, отримані здобувачем у семестрі або за результатами виконання залікової контрольної роботи, та оцінку (залікову) відповідно до цих балів згідно з таблицею:

Бали	Оцінка
------	--------

100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Є не зараховані лабораторні роботи	Не допущено

Схема функціонування РСО з дисципліни із семестровим контролем у вигляді заліку ( ПОЛОЖЕННЯ про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського. Наказ № 1/273 від 14.09.2020 р.



На письмовий або усний залік виносяться питання, які викладено у **П. 9** силабусу. Білет складається з 4 питань по кожному розділу (1; 2; 3 та 4...7) і задачі.

## 9. Додаткова інформація з освітнього компоненту

### 9.1 Тематика завдань модульних контрольних робіт та запитань до заліку

#### Розділ1

1. Навести і пояснити основні технологічні схеми електроерозійної обробки.
2. Пояснити фізичну сутність процесу електроерозійної обробки.
3. Дати характеристику стадіям протікання процесу електроерозійної обробки.
4. Дати характеристику режимам електроерозійної обробки. Якими параметрами вони визначаються?
5. Основні закономірності електроерозійної обробки. Як визначаються технологічні показники при електроерозійній обробці?
6. Продуктивність процесу електроерозійної обробки. Приведіть шляхи підвищення продуктивності.
7. Точність при електроерозійній обробці. Шляхи зниження погрішності.
8. Якість поверхні після електроерозійної обробки. Охарактеризуйте вплив електроерозійної обробки на механічні властивості.
9. Особливості проектування технологічних процесів електроерозійної обробки.
10. Навести класифікацію основних деталей, які виготовляють електроерозійною обробкою і дати приклади.
11. Особливості конструкції електрода-інструмента для електроерозійної обробки. Навести приклади.
12. Як обирають матеріал і метод виготовлення електрода-інструмента для електроерозійної обробки?

13. Як зменшити зношення електрода-інструменту при електроерозійній обробці?
14. Устаткування для електроерозійної обробки. Основні вузли електроерозійного верстату.
15. Накреслити і пояснити схему копірально-прошивного електроерозійного верстату.
16. Накреслити і пояснити схему вирізного електроерозійного верстату.

## **Розділ 2**

1. Схема прошивання за методом електрохімічної обробки. Порівняти з електроерозійною обробкою.
2. Навести основні схеми електрохімічної обробки. Навести приклади їх використання.
3. Механізм анодного розчинення. Навести схему електролізу. Електроліти.
4. Закон анодного розчинення. Чим визначається швидкість лінійного розчинення аноду.
5. Точність при електрохімічній обробці. Шляхи зниження погрішності.
6. З яких матеріалів і якими методами виготовляють електрод-інструмент при електрохімічній обробці. В яких випадках необхідна компенсація зміни параметрів; в чому вона полягає?
7. Якість поверхні після електрохімічної обробки. Охарактеризувати вплив електрохімічної обробки на механічні властивості.
8. Продуктивність процесу електрохімічної обробки. Приведіть шляхи підвищення продуктивності.
9. Особливості проектування технологічних процесів електрохімічної обробки.
10. Технологічні можливості електрохімічних методів обробки. Навести приклади.
11. Електроабразивна та електроалмазна обробка. Навести схему і пояснити суть процесу.
12. Анодно-механічна обробка. Пояснити суть процесу і навести схеми.
13. Переваги і недоліки електрохімічної обробки в порівнянні з механічною та електроерозійною.

## **Розділ 3**

1. Пояснити принцип розмірної ультразвукової обробки вільним абразивом.
2. Пояснити суть інтенсифікації процесів різання при ультразвуковій обробці.
3. Пояснити сутність ультразвукового зміцнення поверхні деталей.
4. Навести приклади технологічного використання ультразвуку.
5. Фізична сутність ультразвукової обробки.
6. Вплив технологічних факторів на процес розмірної ультразвукової обробки.
7. Точність при ультразвуковій обробці. Шляхи зниження погрішності.
8. З яких матеріалів виготовляють інструмент для розмірної ультразвукової обробки? Як зменшити зношення інструменту?
9. Які фактори впливають на якість поверхні при ультразвуковій розмірній обробці? Як змінюються властивості поверхні обробленої поверхні?
10. Продуктивність процесу ультразвукової розмірної обробки. Приведіть шляхи підвищення продуктивності.
11. Особливості проектування технологічних процесів ультразвукової розмірної обробки.
12. Типові операції ультразвукової розмірної обробки.
13. Переваги і недоліки ультразвукової розмірної обробки в порівнянні з іншими методами обробки деталей.
14. З яких елементів складаються ультразвукові коливальні системи? Які основні принципи їх проектування?
15. Накреслити і пояснити схему прошивного ультразвукового верстату.
16. Пояснити принцип ультразвукового зварювання, паяння і нанесення покриттів лудінням
17. Охарактеризувати основні операції розмірної ультразвукової обробки.

## **Розділ 4, 5, 6**

1. Променеві методи обробки. Основні технологічні процеси. Порівняльні характеристики.
2. Фізична сутність електронно-променевої обробки. Переваги і недоліки.
3. Електронно-променева розмірна обробка.



4. Електронно-променеє зварювання.
5. Технологічні параметри операцій розмірної обробки електронним променем і область їх застосування.
6. Електронно променеє полірування та термообробка.
7. Плазмова обробка. Плазмотрони.
8. Технологічне застосування плазмової обробки.
9. Плазмовє різання.
10. Плазмовє зварювання.
11. Плазмовє наплавлення та напилення.
12. Порівняння плазмового, кисневого та лазерного різання.
13. Технологічні операції лазерної обробки матеріалів.
14. Основні уявлення квантової електроніки.
15. Підсилення світла за допомогою резонатора.
16. Принцип дії твердотільного лазера.
17. Принцип дії і будова газового лазера.
18. Будова волоконного лазера.
19. Взаємодія лазерного випромінювання з рідиною.
20. Основні технологічні закономірності процесу обробки отворів
21. Променеві методи розкрою. Порівняльна характеристика.
22. Типи лазерів в залежності від активної речовини.
23. Технологічні характеристики лазерної розмірної обробки матеріалів.
24. Фізичні основи лазерного випромінювання. Інверсія населеностей.
25. Лазерне різання.
26. Характеристики лазерного випромінювання.
27. Лазерне зміцнення.
28. Лазерне наплавлення.
29. Лазерне обладнання. Основні вузли.
30. Дати порівняльну характеристику лазерам різних типів.

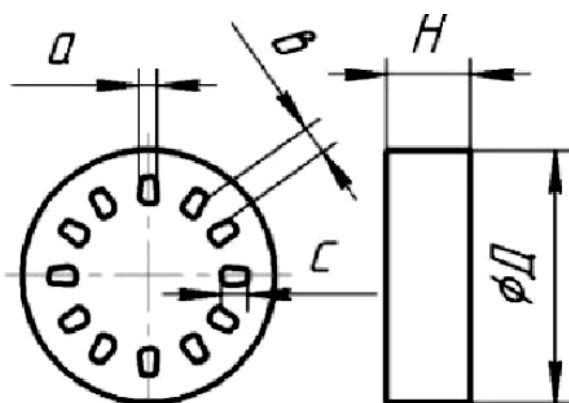
## Розділ 7

1. Анодно-механічна обробка. Фізика процесу. Особливості процесу.
2. Анодно-механічне різання: загострювання інструменту.
3. Визначення режимів обробки. Інструменти. Технологічні операції.
4. Ультразвукова електрохімічна обробка. Механізм руйнування матеріалів.
5. Обробка абразиво несучим інструментом.
6. Технологічні характеристики. Типові операції.
7. Обладнання для комбінованої обробки.
8. Водоструйна обробка
9. Струйна абразивна обробка
10. Льодоструйна обробка. Порівняння водоструйної і льодоструйної обробки
11. Гідроабразивна розмірна обробка. Обладнання.
12. Технологічні характеристики гідро абразивної обробки.
13. Порівняння гідро абразивної обробки з іншими процесами обробки.
14. Технологічна схема гідро абразивної обробки.
15. Основні технологічні застосування гідро абразивної обробки
16. Гідроабразивна оздоблювально-зачисна обробка
17. Магнітно-абразивна обробка

### 9.2. Приклади задач

#### Варіант 1

Необхідно вибрати для заданої поверхні: спосіб обробки; робоче середовище; верстат;



електрод-інструмент. Оброблюваний матеріал: скло.

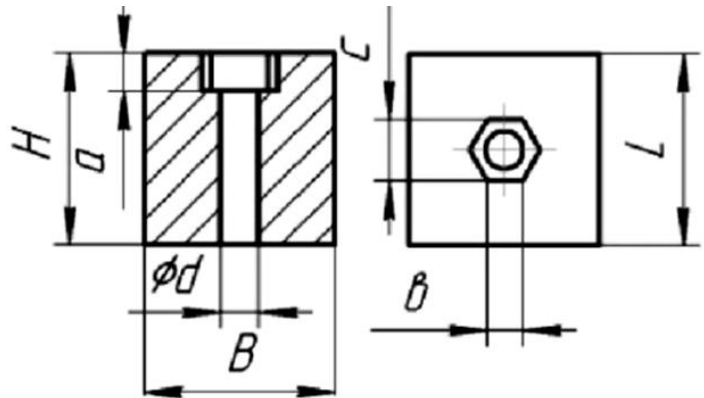
$$a = 2; b = 5; c = 4; H = 3; D = 40.$$

### Варіант 2

Необхідно вибрати для заданої поверхні: спосіб обробки; робоче середовище; верстат; електрод-інструмент. Оброблюваний матеріал: магнітний сплав.

$$B = 20; H = 25; L = 25;$$

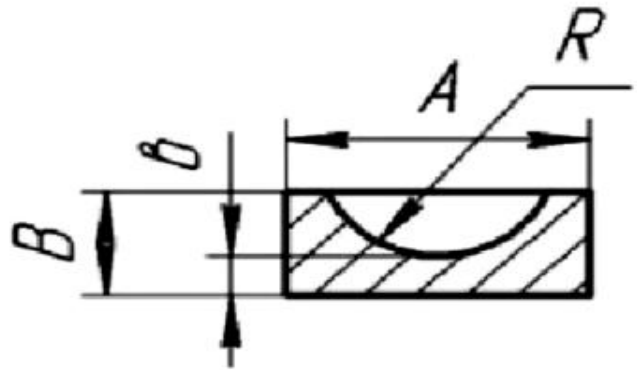
$$a = 5; b = 10; c = 10; d = 5.$$



### Варіант 3

Необхідно вибрати для заданої поверхні: спосіб обробки; робоче середовище; верстат; електрод-інструмент. Оброблюваний матеріал: кераміка.

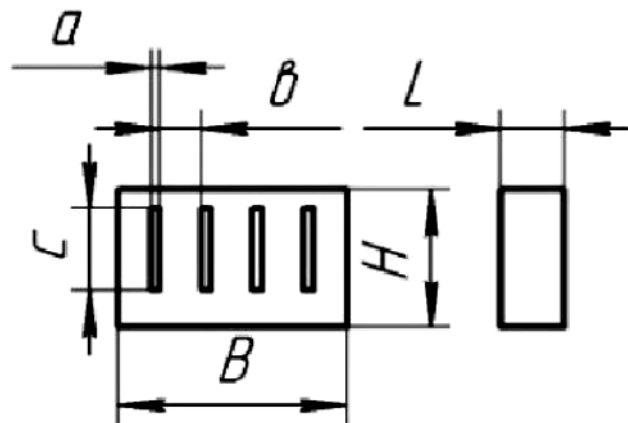
$$B = 40; b = 2; R = 5; A = 40.$$



### Варіант 4.

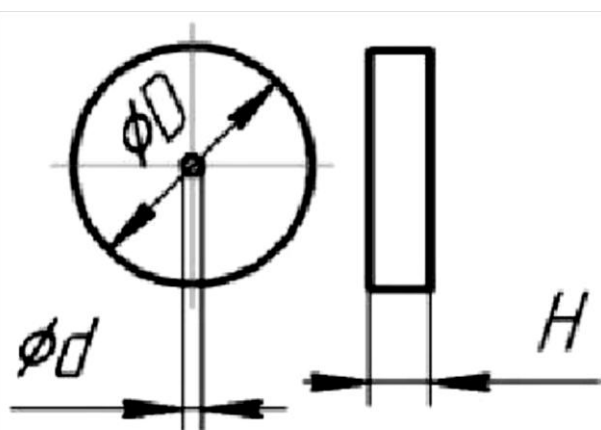
Необхідно вибрати для заданої деталі: спосіб обробки; робоче середовище; верстат; електрод-інструмент. Оброблюваний матеріал: латунь.

$$B = 30; H = 15; L = 5; a = 1.5; b = 8; c = 8.$$



### Варіант 5

Необхідно вибрати для заданої поверхні: спосіб обробки; робоче середовище; верстат; електрод-інструмент. Оброблюваний матеріал: кварц.

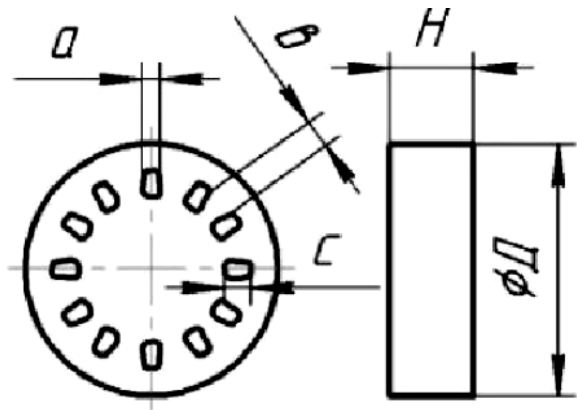


$$D = 50; d = 5; H = 5.$$

### Вариант 6

Необхідно вибрати для заданої поверхні: спосіб обробки; робоче середовище; верстат; інструмент. Оброблюваний матеріал: сталь 12Х13.

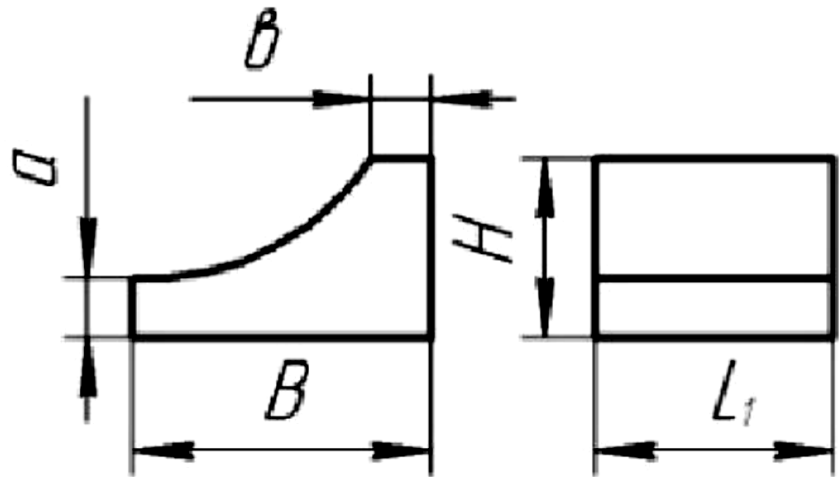
$$a = 5; b = 5; c = 10; H = 3; D = 140.$$



### Вариант 7

Необхідно вибрати для заданої поверхні: спосіб обробки; робоче середовище; верстат; електрод-інструмент. Оброблюваний матеріал: магнітний сплав.

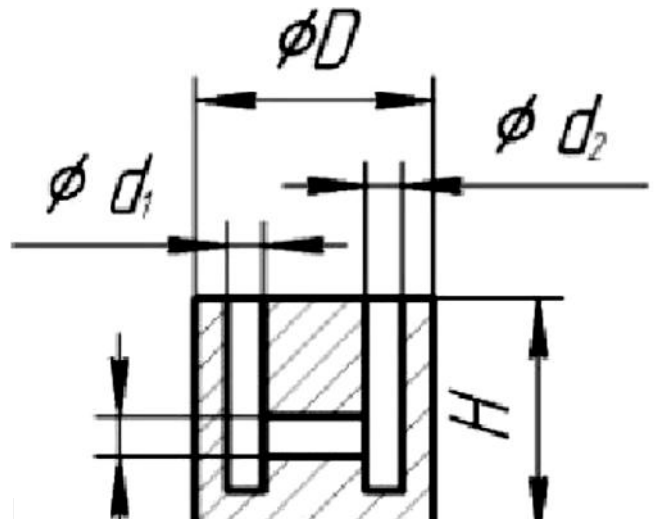
$$a = 8; b = 8; R = 30; \\ B = 30; H = 20; L = 25$$



### Вариант 8

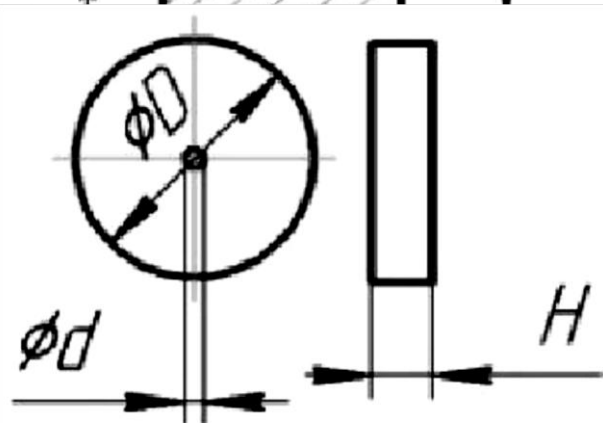
Необхідно вибрати для заданої поверхні: спосіб обробки; робоче середовище; верстат; електрод-інструмент. Оброблюваний матеріал: сталь 35Л.

$$H = 20; d_1 = 5; d_2 = 5; \\ D = 20.$$



### Вариант 9

Необхідно вибрати для заданої поверхні: спосіб обробки;



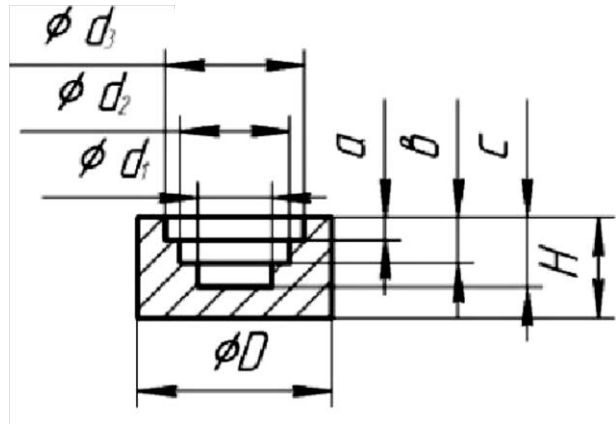
робоче середовище; верстат; електрод-інструмент. Оброблюваний матеріал: загартована сталь.

$$D = 30; d = 5; H = 14.$$

### Варіант 10

Необхідно вибрати для заданої деталі: спосіб обробки; робоче середовище; верстат; електрод-інструмент. Оброблюваний матеріал: титановий сплав.

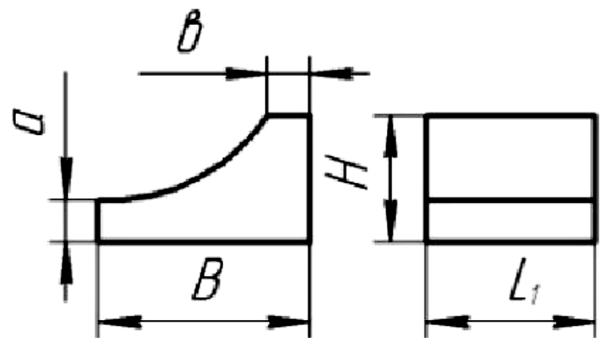
$$d_1 = 10; d_2 = 15; d_3 = 20; D = 20; \\ a = 5; b = 10; c = 15; H = 30.$$



### Варіант 11

Необхідно вибрати для заданої деталі: спосіб обробки; робоче середовище; верстат; електрод-інструмент. Оброблюваний матеріал: твердий сплав.

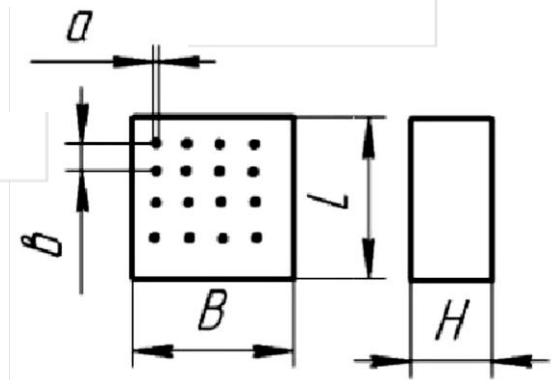
$$a = 5; b = 5; R = 30; \\ B = 25; H = 15; L = 20$$



### Варіант 12

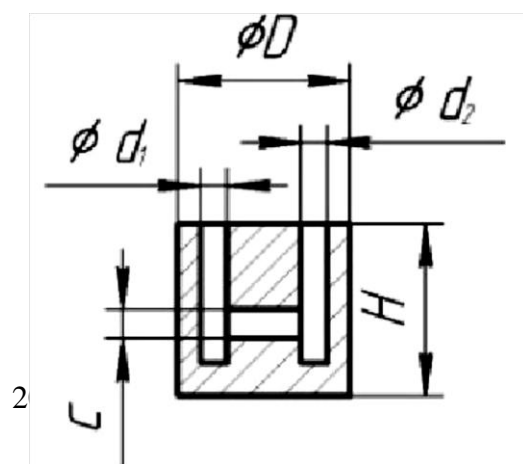
Необхідно вибрати для заданої деталі: спосіб обробки; робоче середовище; верстат; електрод-інструмент. Оброблюваний матеріал: загартована сталь.

$$a = 0.2; b = 4; L = 20 \\ B = 20; H = 10$$



### Варіант 13

Необхідно вибрати для заданої деталі: спосіб обробки; робоче середовище; верстат; електрод-інструмент. Оброблюваний матеріал: загартована сталь.

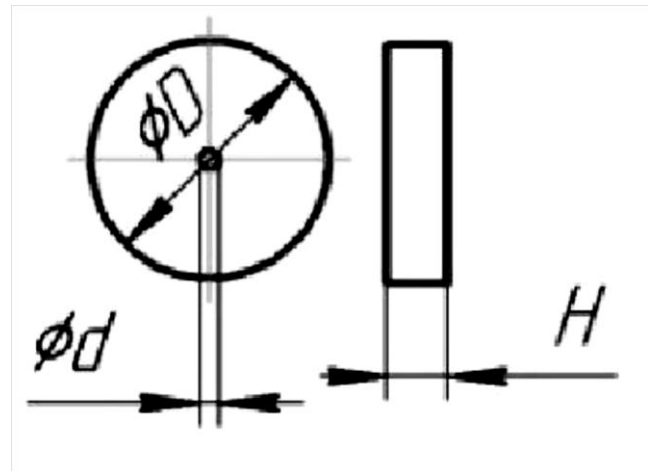


$H = 20$ ;  $d_1 = 5$ ;  $d_2 = 5$ ;  
 $D = 20$

#### Варіант 14

Необхідно вибрати для заданої деталі:  
спосіб обробки; робоче середовище;  
верстат; електрод-інструмент.  
Оброблюваний  
матеріал – скло.

$D = 15$ ;  $d = 0.5$ ;  $H = 5$ .



#### Робочу програму освітнього компоненту (силабус):

**Складено:** доцент, к.ф.-м.н., доцент Ключников Юрій Валентинович

**Ухвалено:** кафедрою ЛТФТТ (протокол № 14 від «8» червня 2022 р.)

**Погоджено** Методичною комісією інституту НН ММІ

(протокол № 1 від 30.08.2022.)