

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**

**Методичні вказівки**  
**до лабораторних та контрольних робіт**  
**з дисципліни «Кольорові метали і сплави»**  
**для студентів**  
**спеціальності 132 «Матеріалознавство»**  
**усіх форм навчання**

**2025**

Методичні вказівки до лабораторних та контрольних робіт з дисципліни «Кольорові метали і сплави» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» усіх форм навчання /Укл.: О.В. Лисиця, Ю.І. Кононенко. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. – 30 с.

Укладачі: О.В. Лисиця, старш. викладач,  
Ю.І. Кононенко, старш. викладач

Рецензент: В.Ю. Ольшанецький, професор, д-р техн .наук

Відповідальний за випуск: В.Ю. Ольшанецький, професор, д-р  
техн .наук

Рекомендовано  
до видання НМК інженерно-  
фізичного факультету  
Протокол № 5  
від « 28 » січня 2025 р.

Затверджено  
на засіданні кафедри  
«Фізичне матеріалознавство»  
Протокол № 5  
від «06» грудня 2024 р.

## ЗМІСТ

<b>ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ</b> .....	4
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1</b> Дослідження структури та властивостей латуней .....	7
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2</b> Дослідження структури та властивостей олов'яних та безолов'яних бронз .....	9
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3</b> Дослідження структури та властивостей титанових сплавів .....	11
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4</b> Дослідження структури та властивостей деформівних алюмінієвих сплавів .....	13
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5</b> Дослідження структури та властивостей ливарних алюмінієвих сплавів .....	15
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6</b> Дослідження структури та властивостей магнієвих сплавів .....	17
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7</b> Дослідження структури та властивостей антифрикційних матеріалів на основі <i>Sn, Pb, Zn, Al</i> .....	19
<b>Література</b> .....	21
<b>Додаток А Завдання до контрольної роботи для студентів заочного відділення</b> .....	22

## ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

*Мета та завдання дисципліни.* Мета викладання навчальної дисципліни «Кольорові метали і сплави» – вивчення будови кольорових металів та встановлення закономірностей у формуванні структури сплавів на їх основі в залежності від хімічного складу, пластичної деформації та термічної обробки; вивчення властивостей кольорових металів і сплавів; також розглядається застосування кольорових сплавів у машинобудуванні. На лабораторних роботах студенти повинні набути практичних навичок при дослідженні мікроструктур кольорових металів та сплавів.

Основні завдання дисципліни «Кольорові метали і сплави» – засвоїти загальні закономірності формування сплавів на базі алюмінію, міді, титану, магнію, олова та свинцю, тугоплавких і рідкісноземельних металів; навчитися розбиратися в структурах, які утворюються в подвійних та потрійних системах цих сплавів; вивчити вплив легувальних елементів на властивості сплавів; з'ясувати роль термічної обробки у формуванні структури та властивостей сплавів.

*Мідь. Сплави на основі міді.* Мідь (кристалічна ґратка, фізичні та механічні властивості міді). Вплив домішок на структуру та властивості міді. Взаємодія міді з легувальними елементами. Маркування технічно чистої міді. Класифікація сплавів на основі міді.

Латуні (мідно-цинкові сплави). Діаграми стану. Структура, властивості та маркування латуней. Термічна обробка та використання латуней.

Олов'яні бронзи. Діаграми стану. Структура та властивості олов'яних бронз. Маркування та їх використання. Термічна обробка.

Безолов'яні бронзи (алюмінієві, берилієві, свинцеві, марганцеві, кремнієві). Діаграми стану. Структура та властивості сплавів. Маркування та використання. Термічна обробка безолов'яних бронз.

Мідно-нікелеві сплави. Діаграми стану. Маркування. Структура, властивості та використання сплавів.

Спеціальні мідні сплави. Маркування. Структура, властивості та використання.

*Титан. Сплави на основі титану.* Титан (поліморфізм титану, фізичні та механічні властивості). Поділ домішок та легувальних елементів в залежності від впливу на поліморфізм титану. Діаграми стану. Маркування технічно чистого титану та сплавів на основі титану.

Фазові перетворення в титані та його сплавах. Основні види термічної обробки титану та сплавів на його основі. Класифікація титанових сплавів. Загальна характеристика титанових сплавів. Використання титанових сплавів.

*Алюміній. Сплави на основі алюмінію.* Алюміній (кристалічна ґратка, фізичні та механічні властивості). Взаємодія алюмінію з домішками та легувальними елементами. Маркування технічно чистого алюмінію. Класифікація алюмінієвих сплавів.

Деформівні алюмінієві сплави, що не зміцнюються термічною обробкою. Діаграми стану. Маркування сплавів. Термічна обробка, структура, властивості та використання.

Деформівні алюмінієві сплави, що зміцнюються термічною обробкою. Діаграми стану. Маркування сплавів. Термічна обробка, структура, властивості та використання.

Ливарні алюмінієві сплави. Модифікування. Структура, властивості, використання. Маркування ливарних сплавів.

Спеціальні алюмінієві сплави. Спечені алюмінієві порошки. Спечені алюмінієві сплави. Методи їх отримання. Структура, властивості та використання.

*Магній. Сплави на основі магнію.* Магній (кристалічна ґратка, фізичні та механічні властивості). Взаємодія магнію з легувальними елементами та відповідні діаграми стану. Маркування магнію та сплавів на основі магнію. Класифікація магнієвих сплавів. Структура, термічна обробка, властивості та використання магнієвих сплавів.

*Берилій. Сплави на основі берилію.* Берилій (кристалічна ґратка, фізичні та механічні властивості). Діаграма стану та основні легувальні елементи. Структура, властивості сплавів на основі берилію та їх маркування. Використання сплавів.

*Вальницькі сплави (антифрикційні матеріали).* Класифікація антифрикційних матеріалів.

Бабіти (сплави на основі олову та свинцю). Вимоги до бабітів. Діаграми стану та основні легувальні елементи. Маркування бабітів. Структура та властивості бабітів. Використання.

Антифрикційні матеріали на основі цинку та алюмінію. Маркування, структура та властивості сплавів. Використання.

*Тугоплавкі метали (Nb, Cr, W, Mo, Ta) та сплави на їх основі.* Кристалічна ґратка, фізичні та механічні властивості тугоплавких металів. Основні легувальні елементи в сплавах на основі тугоплавких металів. Маркування. Термічна обробка, структура, властивості та використання сплавів на основі тугоплавких металів.

*Рідкісноземельні метали (РЗМ).* Кристалічна ґратка, фізичні та механічні властивості. Використання РЗМ.

*Благородні метали та сплави на їх основі.* Кристалічна ґратка, фізичні та механічні властивості. Маркування та галузі використання сплавів на основі благородних металів.

При виконанні лабораторних та контрольних робіт рекомендується ознайомитися з запропонованою літературою [1-12] та відповідними розділами навчального посібника «Кольорові метали і сплави» [13].

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

### Дослідження структури та властивостей латуней

*Мета роботи:* Дослідити структуру та властивості мідно-цинкових сплавів. Ознайомитися з режимами термічної обробки та прикладами використанням сплавів.

#### План роботи та зміст звіту

1. Описати характер взаємодії міді з домішками.
2. Зарисувати діаграму стану *Cu-Zn*; описати фази, вплив концентрації *Zn* та структури на механічні властивості латуней.
3. Нанести лінії заданих сплавів на діаграму стану *Cu-Zn*.
4. Використовуючи довідники, заповнити таблиці 1.1, 1.2 та 1.3.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад та структура латуней

Марка сплаву	Вміст елементів, % (мас.)			Структура згідно діаграми стану
	Cu	Zn	інші	

Таблиця 1.2 – Механічні властивості та використання деформованих латуней

Марка латуні	Стан зразка	$\sigma_B$ , МПа	НВ	$\delta$ , %	КСУ, МДж/м <sup>2</sup>	Використання

Таблиця 1.3 – Механічні властивості та використання ливарних латуней

Марка латуні	Спосіб литва	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	НВ	Використання

5. Дослідити мікроструктуру латуней. Схематично зарисувати та описати мікроструктуру.

### Контрольні питання

1. Мідь. Фізичні та механічні властивості міді.
2. Вплив домішок на властивості міді. Розподіл домішок на групи в залежності від характеру взаємодії з міддю.
3. Класифікація мідних сплавів. Маркування сплавів на основі міді.
5. Латуні. Класифікація латуней.
6. Основні легувальні елементи в латунях та їх вплив на властивості.
7. Знецинкування та сезонне розтріскування латуней.
8. Коефіцієнт Гіґе.
9. Термічна обробка латуней.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

### Дослідження структури та властивостей олов'яних та безолов'яних бронз

*Мета роботи:* Вивчити мікроструктуру бронз, термічну обробку; ознайомитися з властивостями та прикладами використання.

#### План роботи та зміст звіту

1. Зарисувати діаграми стану *Cu-Sn*; *Cu-Al*; *Cu-Be*; *Cu-Si*; *Cu-Mn*; *Cu-Pb*. Описати фази та вплив концентрації *Sn*, *Al*, *Be*, *Si*, *Mn*, *Pb* і структури на механічні властивості відповідних бронз.
2. Нанести лінії заданих сплавів на діаграми стану.
3. Використовуючи довідники, заповнити таблиці 2.1, 2.2 та 2.3.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад та структура бронз

Марка бронзи	Вміст елементів, %, мас. (решта – Cu)					Структура згідно діаграми стану
	Sn	Zn	Pb	P	інші	

Таблиця 2.2 – Механічні властивості та використання деформованих бронз

Марка бронзи	Стан зразка	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	НВ(НV)	КСУ, МДж/м <sup>2</sup>	Використання

Таблиця 2.3 – Механічні властивості та використання ливарних бронз

Марка бронзи	Спосіб литва	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	НВ	Використання

4. Дослідити мікроструктур бронз в рівноважному стані та після термічної обробки. Схематично зарисувати та описати мікроструктуру.

### Контрольні питання

1. Олов'яні бронзи. Особливості системи  $Cu-Sn$  та структури олов'яних бронз. Основні легувальні елементи в олов'яних бронзах.
2. Термічна обробка олов'яних бронз.
3. Алюмінієві бронзи. Переваги алюмінієвих бронз порівняно з олов'яними. Призначення легувальних елементів.
4. Структура алюмінієвих бронз. Фазові перетворення при охолодженні.
5. Термічна обробка алюмінієвих бронз.
6. Берилієві бронзи. Властивості берилієвих бронз. Призначення легувальних елементів. Структура берилієвих бронз.
7. Термічна обробка та фазові перетворення при термічній обробці берилієвих бронз. Вплив на властивості.
8. Свинцеві бронзи. Особливості формування структури. Властивості.
9. Марганцеві бронзи. Структура. Властивості.
10. Кремнієві бронзи. Призначення легувальних елементів. Структура. Властивості.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

### Дослідження структури та властивостей титанових сплавів

*Мета роботи:* Дослідження структури та властивостей титанових сплавів у рівноважному та нерівноважному станах.

#### План роботи та зміст звіту

1. Навести подвійні діаграми стану *Ti-легувальний елемент*. Надати їм характеристику.
2. Основні групи легувальних елементів та домішок в титанових сплавах за впливом на температуру поліморфного перетворення титану. Зарисувати схему.
3. Фазовий склад  $\alpha+\beta$ -сплавів після охолодження зі швидкістю більшою за  $v_{кр}$  (зарисувати схеми). Надати характеристику фазам.
4. Використовуючи довідники, заповнити таблиці 3.1, 3.2.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад та класифікація титанових сплавів за структурою в стабільному стані

Марка сплаву	Коефіцієнт стабілізації $K_{\beta}$	Хімічний склад, %, мас. (решта Ti)	Клас за структурою в рівноважному стані	Використання

Таблиця 3.2 – Механічні властивості титанових сплавів

Марка сплаву	Термічна обробка	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	$\sigma_{-1}$ , МПа

5. Використовуючи програмне забезпечення ImageJ розрахувати кількість  $\beta$ -фази в сплаві VT3-1 після різних видів термічної обробки та заповнити таблицю 3.3. Зробити висновок.

Таблиця 3.3 – Вплив структури на механічні властивості сплаву ВТ3-1

Термічна обробка	Структура після термічної обробки	Кількість $\beta$ -фази (%)	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi_5$ , %	$\sigma_{0,2/2000}^{400}$ , МПа	$\sigma_{2000}^{400}$ , МПа
Ізотермічний відпал: 870°C, 1 год + охол. до 650°C, 2 год, повітря			1000	930	10	30	370	740
Подвійний відпал: 880°C, 1 год, пов. + 550°C, 2...5 год, пов.			1160	-	15	53 ( $\psi$ )		
Гартування, 850°C, 1 год, вода + старіння, 550°C, 5 год, повітря			1300	1150	7	20	150	860

6. Дослідити мікроструктуру заданих сплавів. Схематично зарисувати та описати мікроструктуру.

### Контрольні питання

1. Титан. Поліморфізм титану. Властивості титану.
2. Переваги та недоліки титану порівняно з іншими матеріалами.
3. Класифікація легувальних елементів та домішок за їх вплив на поліморфізм титану.
4. Вплив домішок та основних легувальних елементів на властивості титану та титанових сплавів.
5. Фазові перетворення в титанових сплавах.
6. Термічна обробка титанових сплавів.
7. Механічні властивості титанових  $\alpha+\beta$ -сплавів в залежності від виду термічної обробки.
8. Класифікація титанових сплавів.
9. Деформівні титанові сплави. Структура, термічна обробка та використання.
10. Ливарні титанові сплави. Структура, термічна обробка та використання.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

### Дослідження структури та властивостей деформівних алюмінієвих сплавів

*Мета роботи:* Дослідити структуру та властивості деформівних алюмінієвих сплавів. Ознайомитися з режимами термічної обробки та прикладами використання сплавів.

#### План роботи та зміст звіту

1. Зарисувати діаграми стану *Al-Mn* та *Al-Mg*, описати фази та вплив вмісту *Mn*, *Mg* і структури на механічні властивості деформівних сплавів, що не зміцнюються термічною обробкою.
2. Описати фазовий склад структури та властивості деформівних сплавів, що зміцнюються термічною обробкою. Зарисувати ізотермічні перерізи *Al-Cu-Mg*; *Al-Mg-Si*.
3. Нанести на діаграми лінії або фігуративні точки заданих сплавів.
4. Використовуючи довідники, заповнити таблиці 3.1, 3.2.

Таблиця 4.1 – Хімічний склад та структура заданих сплавів

Марка сплаву	Вміст елементів, %, мас. (решта Al)					Стан зразка	Структура (записати)
	Cu	Mg	Si	Mn	інші		

Таблиця 4.2 – Механічні властивості заданих сплавів та їх призначення

Марка сплаву	Термічна обробка	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	НВ	Використання

5. Дослідити мікроструктуру сплавів. Схематично зарисувати та описати мікроструктуру.

#### Контрольні питання

1. Алюміній. Фізичні та механічні властивості алюмінію.
2. Маркування алюмінієвих сплавів. Класифікація.

3. Види термічної обробки алюмінієвих сплавів.
4. Фазові перетворення при гартування та старінні.
5. Явище звороту в дюралюмінах.
6. Сплави системи Al-Mn. Структура. Термічна обробка. Використання.
7. Сплави системи Al-Mg. Структура. Термічна обробка. Використання.
8. Дюралюміні. Легувальні елементи. Фазовий склад. Термічна обробка. Властивості. Використання.
9. Авіалі. Легувальні елементи. Фазовий склад. Термічна обробка. Властивості. Використання.
10. Ковочні сплави. Легувальні елементи. Фазовий склад. Термічна обробка. Властивості. Використання.
11. Високоміцні сплави. Фазовий склад. Мета легування міддю. Термічна обробка та її особливості. Властивості. Використання.
12. Які деформівні алюмінієві сплави можна використовувати як жароміцні з температурою експлуатації вище  $250^{\circ}\text{C}$ ? Легувальні елементи. Фазовий склад. Термічна обробка. Властивості. Використання.
13. Способи захисту алюмінієвих сплавів від корозії.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

### Дослідження структури та властивостей ливарних алюмінієвих сплавів

*Мета роботи:* Дослідити структуру та властивості ливарних алюмінієвих сплавів у рівноважному та нерівноважному станах. Ознайомитися з властивостями та призначенням цих сплавів.

#### План роботи та зміст звіту

1. Зарисувати діаграму стану  $Al-Si$ , описати фази та вплив вмісту  $Si$  на властивості сплавів.
2. Стисло описати сутність модифікування ливарних алюмінієвих сплавів та його вплив на структуру та властивості сплавів.
3. Використовуючи довідники, заповнити таблиці 4.1, 4.2 та 4.3.

Таблиця 5.1 – Хімічний склад та структура заданих сплавів

Марка сплаву	Вміст елементів, %, мас. (решта Al)					Стан зразка	Структура (записати)
	Si	Mg	Cu	Mn	інші		

Таблиця 5.2 – Механічні властивості силуміну до та після модифікування

Марка сплаву	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %
AK12 (до модифікування)		
AK12 (після модифікування)		

Таблиця 5.3 – Механічні властивості ливарних сплавів та їх використання

Марка сплаву	Спосіб литва	Термічна обробка	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	НВ	Використання

4. Дослідити мікроструктуру заданих сплавів. Схематично зарисувати та описати мікроструктуру.

**Контрольні питання**

1. Силуміни. Модифікування простих силумінів. Структура та властивості.
2. Леговані силуміни. Основні легувальні елементи. Термічна обробка, структура та властивості.
3. Високоміцні жароміцні та корозійностійкі ливарні алюмінієві сплави. Переваги та недоліки порівняно із силумінами.
4. Термічна обробка ливарних алюмінієвих сплавів.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

### Дослідження структури та властивостей магнієвих сплавів

*Мета роботи:* Дослідити структуру магнієвих сплавів. Ознайомитися з властивостями та прикладами використання сплавів.

#### План роботи та зміст звіту

1. Зарисувати діаграми стану *Mg-Al*, *Mg-Mn*, *Mg-Zn*, *Mg-Zr* та *Mg-Nd*, описати фази та структури, що утворюються у відповідності до стану рівноваги.
2. Описати вплив легувальних елементів на властивості магнію
3. Нанести лінії заданих сплавів на відповідні діаграми стану.
4. Використовуючи довідники, заповнити таблиці 6.1, 6.2.

Таблиця 6.1 – Хімічний склад та структура заданих сплавів

Марка сплаву	Хімічний склад, %, мас. (решта Mg)	Структура (записати)

Таблиця 6.2 – Механічні властивості заданих сплавів та їх використання

Марка сплаву	Термічна обробка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	Використання

5. Дослідити мікроструктуру заданих сплавів. Схематично зарисувати та описати мікроструктуру.

#### Контрольні питання

1. Магній. Кристалічна ґратка, фізичні та механічні властивості магнію.
2. Переваги та недоліки магнієвих сплавів порівняно з алюмінієвими сплавами.

3. Домішки та легувальні елементи в магнієвих сплавах. Вплив на властивості.
4. Особливості термічної обробки магнієвих сплавів.
5. Старіння магнієвих сплавів в залежності від схеми легування.
6. Деформівні магнієві сплави, системи легування, термічна обробка, структура та властивості. Використання.
7. Ливарні магнієві сплави, система легування, термічна обробка, структура та властивості. Використання.
8. Як покращити механічні властивості ливарних магнієвих сплавів.
9. Способи захисту магнієвих сплавів від корозії.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

### Дослідження структури та властивостей антифрикційних матеріалів на основі *Sn, Pb, Zn, Al*

*Мета роботи:* Дослідити структуру антифрикційних сплавів в рівноважному стані. Вивчити властивості та призначення сплавів

#### План роботи та зміст звіту

1. Зарисувати діаграми стану *Sn-Sb*, *Pb-Sb* та *Pb-Ca*, *Pb-Na* (до 40 %*Ca* і *Na* відповідно), описати фази та структури, що утворюються у відповідності до стану рівноваги.
2. Нанести лінії заданих сплавів на відповідні діаграми.
3. Використовуючи довідники, заповнити таблиці 7.1, 7.2.

Таблиця 7.1 – Хімічний склад та структура заданих сплавів

Марка сплаву	Хімічний склад, %, мас.	Структура (записати)	
		м'яка складова	тверда складова

Таблиця 7.2 – Властивості заданих сплавів

Марка сплаву	Властивості						Викорис- тання
	$t_{\text{експ}}$ , °C	НВ	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	коєф. тертя $f$	$\alpha \cdot 10^6$ , 1/°C	

4. Дослідити мікроструктуру сплавів; схематично її зарисувати та описати.

#### Контрольні питання

1. Класифікація антифрикційних матеріалів.
2. Бабіти. Властивості олова та свинцю. Вимоги, які висувають до бабітів.
3. Олов'яно-сурм'яністі бабіти. Легувальні елементи та мета їх введення. Структура. Використання.

4. Свинцево-сурм'янисті бабіти. Особливості структури. Використання.

5. Олов'яно-свинцево-сурм'янисті бабіти. Легувальні елементи, мета їх введення. Структура. Використання.

6. Кальцієво-натрієвий бабіт. Легувальні елементи, мета їх введення. Структура. Використання.

7. Мета легування бабітів міддю.

8. Антифрикційні сплави на основі цинку. Властивості цинку. Легувальні елементи, мета їх введення. Структура. Використання.

9. Антифрикційні сплави на основі алюмінію. Легувальні елементи, мета їх введення. Структура. Використання.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кольорові метали і сплави: Навчальний посібник /В. Л. Грешта, О. В. Климов, О. В. Лисиця, Л. П. Степанова. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2015. – 336 с.

2. Кольорові метали та сплави [текст]: Навчальний посібник /за заг.ред. З. Дурягіної; Нац.ун-т «Львівська політехніка». Львів: Вид-во Львів. Політехніка, 2017. – Ч.1: Мідь та мідні сплави / А.Богун [та ін.]. – 2017. – 122с.

3. Кольорові метали та сплави [текст]: підручник для студ. вищ. навч. закл., які навч. за напрямом підготовки «Інженерне матеріалознавство» / В.П. Горбатенко, ДонНТУ, Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2012. – 300с.

4. Алюміній та сплави на його основі: Навчальний посібник для студ. техн. вузів / В. З. Куцова, Н. Е. Погребна, Т.С. Хохлова, Т. М. Миронова, О. А. Носко, В.о. Нац. металург. акад. України.– Дніпропетровськ: Пороги, 2004.– 135 с.

**Додаток А**  
**Завдання до контрольної роботи**  
**для студентів заочного відділення**

Варіант контрольної роботи відповідає номеру за списком групи.

**Варіант №1**

1. Мідь (тип ґратки, властивості). Сплави на основі міді. Характеристика олов'яних та безолов'яних бронз.

2. Для виготовлення гальмівних барабанів та колодок використовують сплав МЛ5. Розшифруйте марку сплаву, вкажіть спосіб виготовлення деталей з цього сплаву. Запропонуйте термічну обробку та опишіть структуру і характеристики механічних властивостей даного сплаву.

3. Запропонуйте сплав для виготовлення зварних баків. Густина сплаву  $2,65 \text{ г/см}^3$ . Сплав повинен мати  $\sigma_{\text{в}} = 315 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{0,2} = 150 \text{ МПа}$ ,  $\delta = 27\%$ . Обґрунтуйте вибір. Наведіть хімічний склад, термічну обробку та структуру для обраного сплаву.

4. Для виготовлення крупногабаритних силових деталей фюзеляжу літака обрано сплав ВТ22. Вкажіть його хімічний склад, структурний клас та структуру. Опишіть, яким чином відбувається зміцнення цього сплаву, поясніть природу зміцнення. Наведіть механічні властивості матеріалу.

5. Ніобій (тип ґратки, властивості). Сплави на основі ніобію (маркування, легувальні елементи, термічна обробка, властивості, використання).

**Варіант №2**

1. Класифікація сплавів на основі титану.

2. Для виготовлення кришки масляного насосу використовують сплав МА2. Вкажіть спосіб виготовлення деталей з цього сплаву, хімічний склад, термічну обробку та структуру. Наведіть характеристики механічних властивостей.

3. Запропонуйте мідно-цинковий сплав для виготовлення конденсаторних труб в кораблебудуванні. Вкажіть хімічний склад, опишіть структуру. Запропонуйте термічну обробку та спосіб зміцнення сплаву. Наведіть механічні властивості.

4. Поршні двигуна внутрішнього згорання, що працюють при температурі 200...250°C, виготовляють зі сплаву силумін. Запропонуйте та розшифруйте марку сплаву, вкажіть спосіб виготовлення деталей з даного сплаву. Вкажіть його недоліки та переваги. Наведіть термічну обробку, структуру та спосіб покращення механічних властивостей.

5. Берилій (поліморфні модифікації, властивості). Перевага берилію та його сплавів порівняно з іншими конструкційними матеріалами. Маркування сплавів на основі берилію. Основні легувальні елементи в берилієвих сплавах. Вкажіть структуру сплавів на основі берилію.

### Варіант №3

1. Деформівні сплави на основі титану ( $\alpha$ -сплави, псевдо  $\alpha$ -сплави,  $(\alpha+\beta)$ -сплави, псевдо- $\beta$ -сплави,  $\beta$ -сплави). Особливості легування. Вкажіть термічну обробку та властивості сплавів.

2. Запропонуйте марку латуні для виготовлення деталей методом глибокого витягування. Вкажіть хімічний склад, опишіть структуру сплаву (з використанням діаграми стану). Призначте режим термічної обробки, що проводиться між окремими операціями витягування, обґрунтуйте його вибір. Наведіть характеристики механічних властивостей сплаву після операції витягування та після термічної обробки.

3. Для виготовлення деталей літака обраний сплав В95. Вкажіть хімічний склад сплаву, опишіть спосіб його зміцнення, поясніть природу зміцнення. Призначте та обґрунтуйте режим термічної обробки. Наведіть характеристики механічних властивостей сплаву.

4. Для виготовлення струмопровідних пружних елементів обраний сплав БрБНТ1,9. Вкажіть хімічний склад та структуру сплаву (відповідно до діаграми стану *Cu-Be*). Запропонуйте режим термічної обробки. Опишіть процеси, що відбуваються при термічній обробці, і поясніть природу зміцнення. Наведіть механічні властивості сплаву.

5. Структурне зміцнення сплавів алюмінію. Пресефект.

### Варіант №4

1. Види термічної обробки  $(\alpha+\beta)$ -сплавів на основі *Ti*. Зв'язок між видом термічної обробки і механічними властивостями. Сутність процесів, що відбуваються при гартуванні і старінні.

2. Для виливків складної форми використовують бронзу БрО10Ф1. Розшифруйте хімічний склад, опишіть структуру. Запропонуйте термічну обробку для зняття внутрішніх напружень, що виникають внаслідок литва. Наведіть механічні властивості сплаву.

3. Для виготовлення деталей двигунів внутрішнього згоряння обраний сплав АК2. Вкажіть хімічний склад та спосіб виготовлення деталей з цього сплаву. До якої групи відноситься цей сплав та вимоги, що висуваються до сплавів цієї групи. Запропонуйте термічну обробку. Опишіть спосіб зміцнення. Наведіть характеристики механічних властивостей.

4. Для виготовлення вкладишів вальниць ковзання електродвигуна обраний сплав Б16. Визначте групу сплаву за призначенням. Вкажіть хімічний склад, опишіть мікроструктуру сплаву та основні вимоги, що висуваються до сплаву цієї групи. Яким способом виготовляють вкладиші зі сплавів цієї групи.

5. На які групи поділяють домішки в міді. Вплив домішок на структуру та властивості міді.

### **Варіант №5**

1. Деформівні магнієві сплави. Основні легувальні елементи та групи деформівних магнієвих сплавів. Основні види термічної обробки.

2. Лопаті гвинта літака виготовлені зі сплаву Д1. Вкажіть хімічний склад, опишіть структуру, спосіб зміцнення сплаву, поясніть природу зміцнення. Охарактеризуйте механічних властивостей сплаву.

3. Запропонуйте марку латуні для виготовлення деталей приладів та обладнання, що працюють в умовах морського середовища. Вкажіть її хімічний склад. Опишіть структуру сплаву. Запропонуйте термічну обробку. Наведіть механічні властивості сплаву.

4. Кожух компресора авіаційного двигуна виготовлений зі сплаву ВТ6. Вкажіть хімічний склад сплаву та структуру. Запропонуйте термічну обробку. Опишіть процеси, що відбуваються при термічній обробці. Наведіть структуру сплаву після термічної обробки.

5. Холодноламкість тугоплавких металів.

### **Варіант №6**

1. Види термічної обробки магнієвих сплавів. Особливості гартування та старіння магнієвих сплавів.

2. Труби виготовлені зі сплаву АМг3. Вкажіть хімічний склад сплаву та структуру. Запропонуйте термічну обробку та спосіб зміцнення. Поясніть природу зміцнення. Наведіть механічні властивості сплаву.

3. Пружні елементи виготовляють з берилієвої бронзи. Переваги цієї бронзи порівняно з іншими видами бронз. Поясніть, чому ці бронзи використовують з вмістом  $Be$  1,5...2,5%. Наведіть режим зміцнювальної термічної обробки. Опишіть фазові перетворення, що відбуваються в процесі термічної обробки. Поясніть природу зміцнення. Мета легування берилієвої бронзи  $Ti$ ,  $Ni$ ,  $Co$ . Наведіть механічні властивості.

4. Деякі деталі компресора ГТД виготовляють з титанових сплавів ВТ3-1 і ВТ14. Поясніть, в чому полягає перевага титанових сплавів, як конструкційного матеріалу для виготовлення деталей ГТД. Вкажіть хімічний склад заданих сплавів та класифікуйте сплави. Запропонуйте термічну обробку та обґрунтуйте її вибір. Опишіть мікроструктуру сплавів до та після термічної обробки. Чим пояснюється зміцнення сплавів.

5. Воднева крихкість та сольова корозія титану та його сплавів.

### Варіант №7

1. Тугоплавкі метали і сплави на їх основі.

2. Вкладиши шатунних вальниць двигунів внутрішнього згорання виготовленні з бронзи, що має високі антифрикційні властивості. Запропонуйте марку бронзи невисокої вартості. Наведіть хімічний склад і опишіть структуру сплаву. Яким чином можна покращити механічні властивості бронзи даної групи. Вкажіть характеристики механічних властивостей сплаву.

3. Диски компресора ГТД виготовляють зі сплаву ВД17. Вкажіть склад і характеристики механічних властивостей сплаву після термічної обробки. Опишіть спосіб зміцнення цього сплаву і поясніть природу зміцнення.

4. Запропонуйте сплав високої питомої міцності для виготовлення методом литва корпусу компресора ГТД (тривала експлуатація при температурах 350...500°C). Вкажіть хімічний склад та структуру сплаву. Запропонуйте та обґрунтуйте вибір термічної обробки. Опишіть характер зміни властивостей сплаву в залежності від температури.

5. Вплив легувальних елементів на механічні властивості магнієвих сплавів.

### Варіант №8

1. Фазові перетворення в титані та сплавах на його основі при нагріванні та охолодженні.

2. Деталі кріплення (гвинти, болти, гайки) виготовляють з латуні на станках-автоматах. Запропонуйте марку латуні, що при обробці на високих швидкостях різання забезпечить отримання поверхні високої чистоти. Вкажіть хімічний склад і опишіть структуру сплаву. Поясніть призначення легувальних елементів, наведіть механічні властивості сплаву. Запропонуйте термічну обробку.

3. Вкладиш вальниці важконавантаженої парової турбіни необхідно виготовити з матеріалу, що має низький коефіцієнт тертя. Запропонуйте сплав. Наведіть основні вимоги, що висувають до сплавів даної групи. Вкажіть хімічний склад, призначення легувальних елементів і структуру сплаву. опишіть механічні властивості сплаву.

4. Для виготовлення робочих лопаток компресора обраний сплав АК4-1. Наведіть хімічний склад і структуру сплаву. Вкажіть спосіб зміцнення сплаву. Наведіть характеристики механічних властивостей сплаву АК4-1 при підвищених температурах і поясніть, чому підвищення температури призводить до зниження характеристик жароміцності.

5. Термічна обробка сплавів на основі магнію.

### Варіант №9

1. Принципи легування сплавів на основі тугоплавких металів.

2. Деталь літака виготовлена з алюмінієвого сплаву, границя міцності якого складає 310 МПа. Після п'ятиденного зберігання деталі з'ясувалося, що границя міцності підвищилася до 430 МПа. Поясніть причину зміни властивостей. Запропонуйте марку сплаву та вкажіть його хімічний склад та структуру до та після зміцнення. До якої групи алюмінієвих сплавів належить цей сплав.

3. Корозійностійкі сплави на основі системи «мідь-нікель» (мельхіори, куніалі, нейзильбери). Маркуванні сплавів. Особливості структури, легувальні елементи, термічна обробка. Навести приклади використання.

4. Запропонуйте мідно-цинковий сплав для виготовлення внутрішнього кільця вальниці. Вкажіть хімічний склад, структуру сплаву, основні легувальні елементи та мету їх введення. Поясніть, до якої

групи антифрикційних матеріалів цей сплав відноситься і чому він має низький коефіцієнт тертя. В чому переваги та недоліки цього сплаву порівняно з іншими антифрикційними сплавами (на основі Cu, Sn та Pb). Наведіть механічні властивості сплаву.

5. Термічна обробка титану та його сплавів.

### Варіант №10

1. Ливарні магнієві сплави. Яким чином можна покращити механічні властивості сплавів. Наведіть види термічної обробки ливарних магнієвих сплавів та поясніть їх призначення. Приклади використання магнієвих ливарних сплавів.

2. Запропонуйте марки бронз для виготовлення інструменту, що використовується на вибухонебезпечному підприємстві. Наведіть хімічний склад сплавів та опишіть мікроструктуру сплавів. Вкажіть термічну обробку та мету з якою вона проводиться.

3. Стисло навести основи теорії термічної обробки алюмінієвих сплавів на прикладі промислового сплаву Д1. опишіть перетворення, що відбуваються при природному та штучному старінні дюралюмінів.

4. Антифрикційні сплави на основі цинку. Переваги та недоліки порівняно з бабітами. Особливості структури.

5. Хром та його сплави.

### Варіант №11

1. Марганцеві та кремнієві бронзи.

2. Запропонуйте матеріал для виготовлення диска компресора авіаційного двигуна. Вимоги до матеріалу:  $\sigma_b = 410$  МПа,  $\sigma_{0,2} = 290$  МПа,  $\delta_5 = 10\%$ , НВ 100; температура експлуатації до 350°C. Вкажіть хімічний склад та спосіб виготовлення деталей з даного сплаву. Охарактеризуйте структуру сплаву. Запропонуйте термічну обробку та обґрунтуйте режими термічної обробки.

3. Для виготовлення деталей, що в процесі експлуатації зазнають нагрівання, використовується сплав МА11. Розшифруйте хімічний склад, вкажіть спосіб виготовлення деталей з даного сплаву. опишіть структуру сплаву, запропонуйте та обґрунтуйте термічну обробку. Наведіть характеристики механічних властивостей.

4. Запропонуйте матеріал для виготовлення вальниці трактора. Умови експлуатації: навантаження до 29,5 МПа; швидкість ковзання до 20 м/с; робоча температура до 120°C; рекомендована твердість не

менше 250НВ. Запропонуйте та обґрунтуйте марку сплаву, вкажіть хімічний склад та особливості структури даного матеріалу. Наведіть недоліки та переваги обраного матеріалу порівняно з іншими антифрикційними матеріалами.

5. Рідкісноземельні метали. Властивості, приклади використання.

### Варіант 12

1. Фазові перетворення в титані та його сплавах.

2. Для виготовлення крильчатки компресора авіадвигуна використано сплав АК6. До якої групи алюмінієвих сплавів належить цей сплав. Поясніть причину вибору цього сплаву. Вкажіть хімічний склад, властивості та структуру сплаву після термообробки. Опишіть перетворення, що відбуваються при термообробці.

3. Благородні метали. Властивості. Сплави на основі благородних металів. Приклади використання.

4. Для виготовлення вальниць ковзання обрано сплав БрСН60-2,5. Вкажіть склад, структуру та властивості сплаву. Поясніть мету легування нікелем. Які ще кольорові сплави використовують для виготовлення вальниць ковзання.

5. Термічна обробка сплавів на основі магнію.

### Варіант №13

1. Термічна обробка тугоплавких сплавів.

2. Запропонуйте сплав високої питомої міцності для виготовлення барабана компресора авіадвигуна, що в процесі експлуатації зазнає нагрівання до 500°C. Вимоги до сплаву:  $\sigma_b = 1000$  МПа;  $\sigma_{0,2} = 950$  МПа;  $\delta_5 = 10\%$ ; КСУ = 30 Дж/см<sup>2</sup>; 285 НВ. Обґрунтуйте вибір. Вкажіть хімічний склад та структуру обраного сплаву. Поясніть призначення легувальних елементів. Наведіть механічні властивості наведеного сплаву після термічної обробки за різними варіантами.

3. Для виготовлення деталей акустичного приладу обрано берилій. Поясніть причину такого вибору. Опишіть основні властивості берилію та його сплавів.

4. Для виготовлення корпусу компресора середнього тиску авіадвигуна обрано сплав МЛ10. Вкажіть хімічний склад, призначення легувальних елементів та опишіть структуру сплаву. Запропонуйте та обґрунтуйте термічну обробку. Опишіть перетворення під час термічної

обробки та вкажіть фази, що забезпечують зміцнення. Наведіть механічні властивості сплаву після термічної обробки.

5. Олов'яні бронзи. Особливості структури. Основні легувальні елементи та мета їх введення. Термічна обробка олов'яних бронз. Наведіть властивості та приклади використання.

### **Варіант №14**

1. Ніобій та його сплави. Принципи легування, властивості, термічна обробка сплавів на основі ніобію.

2. Зміцнювальна термічна обробка латуней, на прикладі спеціальної латуні ЛАНКМц75-2-2,5-0,5-0,5. Поясніть, які процеси відбуваються в процесі термічної обробки. Наведіть структуру сплаву до та після термічної обробки. Опишіть, які ще існують способи підвищення міцності латуней.

3. Ливарні алюмінієві сплави. Основні групи за хімічним складом. Особливості формування структури при кристалізації. Термічна обробка ливарних алюмінієвих сплавів.

4. Сосуди для хімічної промисловості виготовляють зі сплаву АТЗ. Наведіть хімічний склад та поясніть призначення легувальних елементів. Опишіть структуру та до якого класу за структурою належить цей сплав. Запропонуйте та обґрунтуйте термічну обробку. Вкажіть властивості сплаву.

5. Ливарні магнієві сплави.

### **Варіант №15**

1. Хром та його сплави.

2. Для виготовлення конструкцій, що потребують високої в'язкості при температурі  $-180^{\circ}\text{C}$  рекомендовано сплав МНА6-1,5. Обґрунтуйте вибір цього сплаву. Вкажіть склад, структуру, властивості сплаву та поясніть можливість зміцнення цього сплаву термічною обробкою. Які ще сплави можуть експлуатуватися при таких температурах.

3. Для виготовлення елементів конструкції літака запропоновано сплав МА21. Вкажіть склад, структуру та властивості цього сплаву. Запропонуйте термічну обробку. Поясніть в чому переваги цього сплаву порівняно з магнієм та сплавами алюмінію.

4. Для виготовлення корпусу карбюратора з максимальною робочою температурою 200°C обрано сплав АК7ч. Наведіть повну характеристику цього матеріалу.
5. Види термічної обробки титану та його сплавів.