

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ**



**РОБОЧА ПРОГРАМА,  
методичні вказівки та індивідуальні завдання  
до вивчення дисципліни  
«Металургія вторинних кольорових металів»  
для студентів заочної форми навчання  
за освітньо-професійною програмою  
«Технології та обладнання виробництва металів і сплавів»  
підготовки здобувачів вищої освіти  
за першим (бакалаврським) рівнем  
зі спеціальності 136 «Металургія»  
(Профіль: *МЕ06 «Металургія кольорових металів»*)**

УДК 621.746(07)

Робоча програма, методичні вказівки та індивідуальні завдання до вивчення дисципліни «Металургія вторинних кольорових металів» для студентів заочної форми навчання за освітньо-професійною програмою «Технології та обладнання виробництва металів і сплавів» підготовки здобувачів вищої освіти за першим (бакалаврським) рівнем зі спеціальності 136 «Металургія» (Профіль: *МЕ06 «Металургія кольорових металів»*) / Укл.: Г.А. Поляков, С.М. Підгорний, Г.М. Трегубенко, В.С. Ігнат'єв, Ю.О. Бубликов – Дніпро: НМетАУ, 2016. – 18с.

Наведені робоча програма дисципліни з методичними вказівками, рекомендованою літературою і питаннями для самоперевірки за окремими темами, а також індивідуальне домашнє завдання.

Призначена для студентів заочної форми навчання за освітньо-професійною програмою «Технології та обладнання виробництва металів і сплавів» підготовки здобувачів вищої освіти за першим (бакалаврським) рівнем зі спеціальності 136 «Металургія» (Профіль: *МЕ06 «Металургія кольорових металів»*).

Укладачі: Г.А. Поляков, ст. викладач  
С.М. Підгорний, ст. викладач  
Г.М. Трегубенко, д-р техн. наук, проф.  
В.С. Ігнат'єв, канд. техн. наук, проф.  
Ю.О. Бубликов, канд. техн. наук, доц.

Відповідальний за випуск М.І. Гасик, д-р техн. наук, проф.

Рецензент Л.В. Камкіна, д-р техн. наук, проф. (НМетАУ)

Підписано до друку \_\_\_\_\_. Формат 60x84 1/16. Папір друк. Друк плоский.  
Облік.-вид. арк. \_\_\_\_\_. Умов. друк. арк. \_\_\_\_\_. Тираж 100 пр. Замовлення № \_\_\_\_\_

Національна металургійна академія України  
49600, м. Дніпро-5, пр. Гагаріна, 4

---

Редакційно-видавничий відділ НМетАУ

## **1. ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

За учбовим планом студенти напряму 6.050401 металургія, що вивчають дисципліну “Металургія вторинних металів“ на IV курсі в об'ємі 108 годин. Мета дисципліни - вивчення основ металургійної технології переробки лому і відходів кольорових металів.

Студенти заочної форми навчання вивчають цю дисципліну в об'ємі 108 годин, зокрема 8 годин лекцій, 4 години лабораторних занять, 4 години практичних занять та 92 години самостійної роботи.

Основним видом занять при вивченні дисципліни студентами заочної форми навчання є самостійна робота з літературою.

Основними підручниками по даній дисципліні є:

1. Бредихін В.М., Маняк М.О., Смирнов В.О., Пожуєв В.І., Грицай В.П. Металургія кольорових металів. Підручник. Ч.7. Вторинна металургія кольорових металів – ЗДІА, Запоріжжя, 2009.-452 с.

2. Медь вторичная: Монография / Бредихин В.Н., Маняк Н.А., Кафтаненко А.Я. – Донецк: ДонНТУ, 2006, 416с.

3. Бредихин В.Н., Маняк Н.А., Кафтаненко А.Я. Свинец вторичный: Донецк: ДонНТУ. 2005.-245с.

4. Купряков Ю.П. Производство тяжелых цветных металлов из лома и отходов. Харьков: Основа. 1992. - 399 с.

## **2. РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ТЕМ**

### **Тема 2.1. Сировина для виробництва вторинних кольорових металів**

**(1 година лекцій та самостійна робота)**

#### **2.1.1. Програма**

Джерела утворення вторинної сировини. Класифікація лому та відходів кольорових металів. Характеристика вторинної сировини кольорових металів.

#### **2.1.2. Література**

[1] С.21-36, [2] С. 44-54.

#### **2.1.3. Методичні вказівки**

Мета вивчення теми - засвоїти джерела утворення, класифікацію, а також характеристику вторинної сировини кольорових металів. Вивчивши цю тему, студент повинен:

- знати сировину для виробництва вторинних кольорових металів;
- вміти класифікувати лом і відходи кольорових металів.

#### **2.1.4. Питання для самоперевірки**

1. Які переваги отримання кольорових металів з відходів в порівнянні

з їх отриманням з рудної сировини?

2. За якими ознаками відходи кольорових металів ділять на види?
3. Назвіть види відходів металургійного переділу кольорових металів?
4. Що таке «металургійний вихід» відходів кольорових металів?
5. За якими ознаками оцінюється якість лому і відходів кольорових металів?

## **Тема 2.2. Заготівка і первинна переробка лому і відходів кольорових металів (1 година лекцій та самостійна робота)**

### **2.2.1. Програма**

Організація збору лому і відходів кольорових металів. Первинна переробка лому і відходів. Сортування. Хімічні та інструментальні методи сортування. Електромагнітна сепарація. Роз'єднання у важких середовищах. Різка. Дроблення та подрібнення. Пакетування та брикетування. Переробка стружки кольорових металів і сплавів. Первинна переробка кабельного лому. Первинна переробка лому свинцевих акумуляторів.

### **2.2.2. Література**

[1] С.36-93, [2] С. 54-157, [3] С.35-89.

### **2.2.3. Методичні вказівки**

Мета вивчення теми - засвоїти основи технології первинної переробки лому і відходів кольорових металів.

Вивчивши цю тему, студент повинен:

- знати технологію первинної обробки лому і відходів;
- вміти вибрати тип устаткування та технологію для первинної переробки лому і відходів.

### **2.2.4. Питання для самоперевірки**

1. Якими способами здійснюється сортування відходів кольорових металів по видах?
2. Як здійснюється сортування відходів за розмірами частинок?
3. Назвіть види дробарок, які використовуються для подрібнення відходів кольорових металів.
4. Який принцип криогенної переробки відходів кольорових металів?
5. З якою метою і як проводиться пакетування лому і відходів кольорових металів?
6. Який принцип електростатичної сепарації відходів?
7. Який принцип магнітної сепарації відходів?
8. Який принцип сепарації відходів у важких суспензіях?
9. Яким способом видаляють вологу і масло із стружки кольорових металів?

## **Тема 2.3. Виробництво вторинного алюмінію і його сплавів (2 години лекцій та самостійна робота)**

### **2.3.1. Програма**

Фізико-хімічні основи переробки алюмінієвої сировини. Взаємодія рідкого алюмінію з киснем, азотом і воднем. Взаємодія алюмінієвих сплавів з флюсами. Плавильні печі для плавки алюмінієвого лому і відходів. Конструкція двокамерної відбивної печі. Особливості противоточної відбивної печі. Газодинамічне перемішування металу в печі. Відбивна піч з виносною камерою. Шахтна піч для плавки лому. Піч, що обертається, для плавки стружки. Практика плавки лому і відходів у відбивних печах. Практика плавки алюмінієвого лому і відходів в електричних індукційних печах.

Рафінування алюмінієвих сплавів. Рафінування від неметалевих домішок. Фільтрація. Рафінування продувкою газами. Рафінування солями. Рафінування вакуумуванням розплавів. Магнієвий метод. Переробка шлаків.

### **2.3.2. Література**

[1] С.394-450.

### **2.3.3. Методичні вказівки**

Мета вивчення теми - засвоїти основи технології плавки вторинного алюмінію і його сплавів.

Вивчивши тему, студент повинен:

- знати основи технології плавки алюмінієвих відходів;
- вміти вибрати тип печі і технологію плавки алюмінієвих відходів.

### **2.3.4. Питання для самоперевірки**

1. Чому плавка стружки алюмінію проводиться під захисним флюсом і який склад цього флюсу?
2. Яка оптимальна температура плавки вторинного алюмінію?
3. З яких матеріалів виготовляють футеровку печей для плавки відходів алюмінію?
4. Чому не рекомендовано перемішування алюмінію у процесі плавки?
5. Чому домішки заліза знижують вигяг алюмінію при плавці лому і відходів?
6. Які особливості переробки лому і відходів алюмінію у відбивних печах?

## **Тема 2.4. Виробництво вторинної міді та сплавів на її основі (2 години лекцій та самостійна робота)**

### **2.4.1. Програма**

Шахтна плавка з використанням вторинної сировини. Конвертування

чорної міді. Вогневе та електролітичне рафінування вторинної міді. Практика та техніко-економічні показники вогневого рафінування.

Виробництво вторинних сплавів на мідній основі. Печі для виплавки вторинної бронзи і латуні. Індукційні печі для виплавки сплавів на мідній основі. Практика і показники виплавки бронзи і латуні. Корегування хімічного складу бронзи і латуні в процесі виплавки.

Гідрометалургійні методи переробки вторинної мідьвмісної сировини. Сірководоксидне розчинення.

#### **2.4.2. Література**

[1] С.93-250, [2] С. 157-356, [4] С.4-111.

#### **2.4.3. Методичні вказівки**

Мета вивчення теми - засвоїти особливості технології отримання вторинної міді та сплавів на її основі. Вивчивши тему, студент повинен:

- знати основи технології плавки і типи печей для виробництва вторинної міді та сплавів на її основі;

- вміти вибрати необхідне устаткування і методи переробки вторинної мідьвмісної сировини.

#### **2.4.4. Питання для самоперевірки**

1. Яка технологія застосовується для переробки низькоякісної мідьвмісної сировини?

2. Який хімічний склад чорної міді та продуктів її конвертації?

3. Опишіть процес вогневого і електролітичного рафінування вторинної міді?

4. Які існують печі для виплавки вторинної бронзи і латуні?

5. Які існують методи рафінування бронзи і латуні?

6. Що є гідрометалургійним методом переробки вторинної мідьвмісної сировини?

### **Тема 2.5. Переробка вторинної никельвмісної сировини (1 година лекцій та самостійна робота)**

#### **2.5.1. Програма**

Технологічна схема отримання феронікелю та феронікельхрому з використанням лома та відходів. Відновлення закису нікелю окислом вуглецю. Плавки в індукційних та дугових печах шихти, що складається з металобрухту та відходів які містять оксид нікелю. Інші способи переробки відходів. Схема переробки шлаку.

Сумісна переробка первинної і вторинної никельвмісної сировини. Схема переробки сульфідних мідно-нікелевих руд спільно з вторинними никель-кобальтвмісними матеріалами.

Гідрометалургійна переробка никельвмісних відходів з підвищеним вмістом кобальту. Схема хлорного розчинення кобальтового сплаву. Способи

електрохімічного розчинення металевих відходів з високим вмістом нікелю.

### **2.5.2. Література**

[4] С.183-239.

### **2.5.3. Методичні вказівки**

Мета вивчення теми - засвоїти основи технології переробки вторинної никельвмісної сировини.

Вивчивши тему, студент повинен:

- знати технологію і тип печей для переробки никельвмісної сировини;
- вміти вибрати метод переробки первинної і вторинної никельвмісної сировини.

### **2.5.4. Питання для самоперевірки**

1. Опишіть технологічну схему переробки вторинної никельвмісної сировини.
2. Які агрегати застосовуються для переробки вторинної никельвмісної сировини?
3. Напишіть реакції селективного окислення домішок при плавці відходів феронікелю?
4. Опишіть технологію отримання феронікелю та феронікель хрому в дуговій електропечі.
5. Які існують способи переробки никельвмісних відходів?
6. Опишіть технологію сумісної переробки первинної і вторинної никельвмісної сировини.
7. Опишіть технологію гідрометалургійної переробки никельвмісних відходів.

## **Тема 2.6. Виробництво вторинного свинцю і його сплавів (1 година лекцій та самостійна робота)**

### **2.6.1. Програма**

Плавка в казанах. Плавка у відбивних печах. Залежність відновлюваності оксидів важких металів від температури і складу газової фази. Практика відбивної плавки. Розподіл свинцю і склад продуктів відбивної плавки акумуляторного лому з відновником. Короткобарабанна піч, що обертається. Шахтна плавка свинецьвмісної вторинної сировини. Показники роботи та матеріальний баланс шахтної плавки свинцю. Плавка в електричних печах.

Виробництво сурьмянистого свинцю. Виробництво легування свинцю кальцієм. Виробництво бабітів.

### **2.6.2. Література**

[1] С.250-394, [3] С. 89-214, [3] С.111-183.

### **2.6.3. Методичні вказівки**

Мета вивчення теми - засвоїти основи технологію отримання вторинного свинцю і його сплавів.

Вивчивши тему, студент повинен:

- знати основи технології переробки свинецьвмісних відходів;
- вміти вибрати тип печи для переробки свинцевих відходів.

### **2.6.4. Питання для самоперевірки**

1. У яких випадках використовують плавку вторинної свинцевої сировини в казанах?
2. Який лом непридатний для плавки в казанах?
3. У яких випадках використовують плавку свинцевої сировини у відбивних печах?
4. Які особливості відбивної плавки вторинної свинецьвмісної сировини?
5. Які особливості шахтної плавки свинецьвмісної вторинної сировини?
6. Опишіть технологію плавки свинцевих відходів в електричних печах.
7. Опишіть технологію виробництва сур'мянистого свинцю.
8. Опишіть технологію отримання кальцієвого бабіту.

## **Тема 2.7. Переробка вторинної олововмісної сировини (самостійна робота)**

### **2.7.1. Програма**

Підготовка сировини до металургійної переробки. Регенерація олова з жерстяного скрапу. Хлорний спосіб. Гідрометалургійні способи переробки жерстяного скрапу. Електрохімічні методи для регенерації олова з жерстяного скрапу. Електроліз з отриманням губчастих опадів олова. Схема ванни для зняття олова з жерстяних обрізків. Пірометалургійні способи переробки олововмісних відходів.

### **2.7.2. Література** [4] С.275-323.

### **2.7.3. Методичні вказівки**

Мета вивчення теми - засвоїти основи технології переробки вторинної олововмісної сировини.

Вивчивши тему, студент повинен:

- знати технологію переробки олововмісної сировини;
- вміти вибрати устаткування для регенерації олова.



#### **2.7.4. Питання для самоперевірки**

1. Яке устаткування використовується для підготовки олововмісної сировини до металургійної переробки?
2. Які існують способи регенерації олова?
3. Який принцип хлорного способу регенерації олова?
4. На чому заснований гідрометалургійний спосіб переробки жерстяного скрапу?
5. У чому полягає електрохімічний метод регенерації олова з жерстяного скрапу?

### **Тема 2.8. Переробка вторинної цинквмісної сировини (самостійна робота)**

#### **2.8.1. Програма**

Характеристика і класифікація вторинної цинкової сировини. Витяг цинку з відходів чорної металургії. Вельцювання пилу і шламів. Гідрометалургійна переробка пилу і шламів, Переробка ізгарі гарячого оцинкування стали. Витяг цинку з лому і відходів кольорових металів. Вельцювання відходів. Витяг цинку з шламів і поглиначів хімічного виробництва.

#### **2.8.2. Література**

[4] С. 239-275.

#### **2.8.3. Методичні вказівки**

Мета вивчення теми - засвоїти технології переділу вторинної цинкової сировини.

Вивчивши тему, студент повинен: знати технологічні особливості витягу цинку вторинної сировини;

- вміти застосувати необхідну технологію для різного виду цинквмісної вторинної сировини.

#### **2.8.4. Питання для самоперевірки**

1. На які класи і групи розділена цинквмісна вторинна сировина?
2. Опишіть технологію вельцювання пилу і шламів.
3. Опишіть технологію гідрометалургійної переробки пилу і шламів.
4. Які методи витягу цинку з відходів чорної металургії і кольорових металів<sup>9</sup>
5. Яка технологія переробки лому гальванічних елементів?
6. Який принцип пірометалургійного способу переробки лому гальванічних елементів?

## **Тема 2.9. Питання охорони природи при переробці вторинної сировини кольорових металів (самостійна робота)**

### **2.9.1. Програма**

Пилувловлювання і газоочистка в металургії вторинних кольорових металів. Відцентрові пилувловлювачі. Мокрі пилувловлювачі. Електрофільтри. Технологічна схема очищення від пилу газів шахтних печей і конвертерів мідеплавильних заводів, що переробляють вторинну сировину.

Очищувачі стічних вод. Відстоювання і фільтрація. Нейтралізація кислот. Оборотно водопостачання підприємств вторинної кольорової металургії.

### **2.9.2. Література**

[1] С.381-389, [2] С. 361-368, [3] С.214-218.

### **2.9.3. Методичні вказівки**

Мета вивчення теми - усвідомити основні питання охорони природи при переробці вторинної сировини кольорових металів. Вивчивши тему, студент повинен:

- знати принципові технологічні схеми пиле - і газоочистки, що використовують в металургії вторинних кольорових металів;
- вміти вибрати тип газоочистки для процесів переробки відходів кольорових металів.

### **2.9.4. Питання для самоперевірки**

1. Які існують види пилувловлювачів?
2. Який очищувач застосовують для розділення грубого і тонкого лилу?
3. Яка перевага електрофільтру як пилувловлювача?
4. Принцип дії рукавного фільтру.
5. На які групи діляться мокрі фільтри?
6. Які методи існують для очищення стічних вод?

## **3. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ ТА ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

По дисципліні передбачено 4 години практичних робіт та 4 години лабораторних робіт. Згідно програми дисципліни проводяться одна практична робота: «Визначення металургійного виходу при плавці вторинної сировини» та одна лабораторна робота «Плавка алюмінієвих сплавів з вторинної сировини». Методичні вказівки до виконання цих робіт приведені нижче.

### 3.1 Практична робота № 1 (4 години)

Визначення металургійного виходу при плавці вторинної сировини

#### 3.1.1 Мета роботи:

визначення металургійного виходу алюмінію при плавці різних видів вторинної алюмінієвої сировини.

#### 3.1.2 Теоретична частина

Металургійний вихід металу при плавці різного виду сировини залежить від фізичного стану шихти (крупність, механічна забрудненість та ін.), її хімічного складу, наявності оксидних сполук, конструкції печей, температури плавки, кількості і складу флюсів.

Металургійний вихід розраховується по формулі:

$$V_{Me} = \frac{M_{Me}}{M_c} \cdot 100\%$$

де  $V_{Me}$  - металургійний вихід %;

$M_{Me}$  - маса отриманого металу після плавки,

$M_c$  - маса сировини вторинної.

Відходи алюмінію утворюються при виробництві фасонного литва, кабельних виробів, при механічній обробці прокату і литва. Стружка, що утворюється при механічній обробці виробів і напівфабрикатів, складає найбільшу групу алюмінієвих відходів. Доля стружки в загальній кількості відходів і лому досягає 40%.

Лом алюмінію складається з деталей машин, літаків, приладів, побутових виробів, поковок, штамповок, виробів з труб, прутків і профільованого прокату. Для лому характерне зменшення деталей з різних алюмінієвих сплавів, наявність приладів з неметалевих, металевих сталевих та чавунних матеріалів, а також високий ступінь забрудненості.

#### 3.1.3 Експериментальна частина

Прилади і матеріали: електропіч опору; графітові або алундові тиглі; різні види алюмінієвої сировини (компактний метал, проволочка різного перетину, виштампівка, стружка, яка розсіяна по класах крупності); набір солей для приготування флюсів ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{NaF}$ ,  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  та ін.); захисні окуляри; сталева виливниця; набір плавильного інструменту; рукавиці.

#### 3.1.4 Порядок виконання роботи

Робота виконується в такій послідовності:

1) готують навіску шихти масою 100 г з різної сировини (по вказівці викладача варіюються наступні умови досвіду: вид сировини, крупність сировини, температура; і тривалість плавки; кількість і склад флюсу);

2) виконують серію дослідів (чотири-п'ять плавок) з двохкратним дублюванням;

3) після плавки метал зливають в підігріту виливницю і після охолодження зважують;

4) розраховують металургійний вихід і будують графік його залежності від умов досвіду;

5) математичною обробкою отриманих результатів знаходять рівняння зв'язку металургійного виходу з параметрами досвіду.

Звіт про лабораторну роботу повинен містити:

- коротку характеристику вторинної алюмінієвої сировини, її підготовки до плавки і особливостей плавки;

- опис технології плавки і таблицю отриманих результатів;

- результати математичної обробки отриманих даних;

- висновки.

### **3.2 Лабораторна робота № 1 (4 години)**

Плавка алюмінієвих сплавів зі вторинної сировини

#### **3.2.1 Мета роботи:**

вивчення складу шихтових матеріалів та технології плавки різноманітних видів вторинної алюмінієвої сировини.

#### **3.2.2 Теоретична частина**

При плавці на повітрі алюміній окислюється. Основними окислювачами є кисень, що містить повітря, та пари води. У звичайних умовах плавки утворюється твердий оксид алюмінію –  $Al_2O_3$ . Він не розчиняється в алюмінії і не утворює з ним легкоплавких сполук. При окисненні на поверхні твердого і рідкого алюмінію утворюється щільна міцна плівка оксиду товщиною 0,1-10,0 мкм.

Більшість легуючих елементів (мідь, кремній, марганець) не роблять суттєвого впливу на процес окислення алюмінію. При низькій концентрації цих елементів в сплаві оксидна плівка на ньому складається з практично чисто  $Al_2O_3$ . Лужні і лужноземельні метали (Na, K, Ca, Ba, та інш.), а також цинк сильно збільшують окислювання алюмінію. Одна з причин - рихла і пориста будова оксидів цих металів. Поверхнева плівка на подвійних розплавах в цьому випадку збагачена оксидами лужних і лужноземельних металів.

В наш час для переробки алюмінієвої сировини використовують такі плавильні печі: полум'яні, індукційні, електричні печі опору.

Сировиною для утворення рідкої ванни є легковажний кусковий лом, що пакується, крупний шлак (розміром більше 100 мм), підготовчі сплави і брак в чушках. У рідкій ванні додатково вводять стружку, дрібну обрізь, дрібний шлак. Кількість металу, необхідного для утворення рідкої ванни,

складає 30-40 % від ємності печі.

### **3.2.3 Експериментальна частина**

Прилади і матеріали: муфельна електропіч; графітовий, сталевий або шамотний лоток-ванна; сталеві короби; набір плавильного інструменту; набір вторинної алюмінієвої сировини; первинний алюміній; легуючі компоненти; флюси; виливниця для відливання проб; захисні окуляри; рукавиці.

### **3.2.4 Порядок виконання роботи**

Робота виконується в такій послідовності:

- 1) згідно розрахунку, засвоєному на практичних заняттях, зважують компоненти шихти для приготування 1-2 кг сплаву;
- 2) у розігріту до температури 750-850°C піч завантажують спочатку щільну шихту, а потім сипучу шихту;
- 3) після проплавлення всієї шихти перемішують розплав, знімають шлак і беруть пробу для експрес-аналізу;
- 4) відповідно до результатів аналізу розраховують необхідну кількість добавок і коректують хімічний склад сплаву;
- 5) ретельно перемішують розплав, очищують його поверхню від шлаку і знов відбирають пробу для проведення хімічного аналізу.

### **3.2.5 Звіт про лабораторну роботу повинен містити:**

- результати розрахунку шихти для отримання сплаву;
- опис технології плавки; тривалість плавки різних видів сировини;
- результати хімічного аналізу і розрахунки шихти для коректування складу сплаву.

## **4. ІНДИВІДУАЛЬНЕ ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ**

Індивідуальне завдання включає два теоретичних питання та розрахункову частину. Розрахункова частину присвячено розрахунку шихти для виплавки бронзи з відходів в індукційній печі. Завдання оформлюється на аркушах А4: титульний аркуш, зміст, теоретичні питання та розрахункова частина, список використаної літератури; шрифт 14; інтервал 1-1,5; або рукописного у вигляді зошита.

Нижче наведені варіанти індивідуальних завдань, методичні вказівки до виконання розрахункової частини індивідуального завдання (приклад розрахунку)

### **4.1 Варіанти індивідуальних завдань**

#### **4.1.1 Теоретична частина**

Перелік питань та варіанти наведені в табл. 4.1.

## Варіанти завдання та перелік питань

№ вар.	№ пит.	Питання
1	1	Джерела утворення вторинної сировини. Класифікація лому і відходів кольорових металів. Характеристика вторинної сировини кольорових металів.
	2	Плавка в казанах свинцевмісної вторинної сировини. Плавка у відбивних печах. Залежність відновлюваності оксидів важких металів від температури і складу газової фази.
2	1	Організація збору лому і відходів кольорових металів. Первинна переробка лому і відходів. Сортування. Хімічні та інструментальні методи сортування. Електромагнітна сепарація. Роз'єднання у важких середовищах. Різка. Дроблення та подрібнення. Пакування та брикетування.
	2	Практика відбивної плавки свинцевмісної вторинної сировини. Розподіл свинцю і склад продуктів відбивної плавки акумуляторного лому з відновником.
3	1	Переробка стружки кольорових металів і сплавів.
	2	Практика плавки вторинного свинцю у короткобарабанній печі, що обертається.
4	1	Первинна переробка кабельного лому. Гаряче окатування.
	2	Шахтна плавка свинцевмісної вторинної сировини. Показники роботи і матеріальний баланс шахтної плавки свинцю.
5	1	Первинна переробка лому свинцевих акумуляторів.
	2	Плавка свинцевмісної вторинної сировини в електричних печах.
6	1	Фізико-хімічні основи переробки алюмінієвої сировини. Взаємодія рідкого алюмінію з киснем, азотом і воднем. Взаємодія алюмінієвих сплавів з флюсами.
	2	Виробництво сур'мянистого свинцю.
7	1	Плавильні печі для плавки алюмінієвого лому і відходів. Конструкція двокамерної відбивної печі. Особливості противоточної відбивної печі. Газодинамічне перемішування металу в печі. Відбивна піч з виносною камерою. Шахтна піч для плавки лому. Піч, що обертається, для плавки стружки. Практика плавки лому і відходів у відбивних печах. Практика плавки алюмінієвого лому і відходів в електричних індукційних печах.
	2	Виробництво кальцієвого бабіту.
8	1	Рафінування алюмінієвих сплавів. Рафінування від неметалевих домішок. Фільтрація. Рафінування продувкою газами. Рафінування солями. Рафінування вакуумуванням розплавів. Магнієвий метод. Переробка шлаків.
	2	Підготовка олововмісної сировини до металургійної переробки.
9	1	Шахтна плавка вторинної мідної сировини. Практика шахтної плавки і її техніко-економічні показники.
	2	Регенерація олова з жерстяного скрапу. Хлорний спосіб. Гідрометалургійні способи переробки жерстяного скрапу. Електрохімічні методи для регенерації олова з жерстяного скрапу.
10	1	Конвертування чорної міді. Схема сумісної переробки чорною міді і штейну. Схема піроселекції.
	2	Електроліз з отриманням губчастих опадів олова. Пірометалургійні способи переробки олововмісних відходів.

## Продовження табл. 4.1

11	1	Вогневне і електролітичне рафінування вторинної міді. Практика і показники вогневого рафінування.
	2	Характеристика і класифікація вторинної цинкової сировини. Витяг цинку з відходів чорної металургії.
12	1	Виробництво вторинних сплавів на мідній основі. Печі для виплавки вторинної бронзи і латуні. Стаціонарна і поворотна відбивна піч для виплавки сплавів на мідній основі. Практика і показники виплавки бронзи і латуні. Рафінування бронзи і латуні.
	2	Вельцювання пилу і шлам(цинквмісної сировини). Гідрометалургійна переробка пилу і шламів. Переробка ізгарі гарячого оцинкування стали.
13	1	Гідрометалургійні методи переробки вторинної мідьвмісної сировини. Сірководоксидне розчинення. Схема оксидизера. Схема барабанного електролізера для отримання мідної фольги. Розчинення в аміачних розчинах. Електрохімічне розчинення. Електролізер для переробки біметалічних відходів. Технологічна схема виробництва мідного порошку з біметалу.
	2	Витяг цинку з лому і відходів кольорових металів. Вельцювання відходів. Витяг цинку з шламів і поглиначів хімічного виробництва.
14	1	Виробництво феронікелю зі нікельвмісної вторинної сировини. Шихта плавка нікельвмісної вторинної сировини. Відновлення закису нікелю окислом вуглецю. Технологічна схема отримання феронікелю з лому і відходів. Інші способи переробки відходів. Схема переробки шлаку.
	2	Пилувловлювання і газоочистка в металургії вторинних кольорових металів. Відцентрові пиловловлювачі. Мокрі пиловловлювачі. Електрофільтри. Технологічна схема очищення від пил газів шахтних печей і конвертерів мідеплавильних заводів, що переробляють вторинну сировину.
15	1	Сумісна переробка первинної і вторинної нікельвмісної сировини. Схема переробки сульфідних мідно-нікелевих руд спільно з вторинними нікель-кобальтвмісними матеріалами. Переробка мідно-нікелевого файнштейну. Конвертерний переділ. Плавки в індукційних печах шихти, що складається з відходів і закиси нікелю.
	2	Очищувачі стічних вод. Відстоювання і фільтрація. Нейтралізація кислот.
16	1	Гідрометалургійна переробка нікельвмісних відходів з підвищеним вмістом кобальту. Схема хлорного розчинення кобальтового сплаву. Способи електрохімічного розчинення металевих відходів з високим вмістом нікелю.
	2	Оборотне водопостачання підприємств вторинної кольорової металургії.
17	1	Джерела утворення вторинної сировини. Класифікація лому і відходів кольорових металів. Характеристика вторинної сировини кольорових металів.
	2	Плавка в казанах свинцьвмісної вторинної сировини. Плавка у відбивних печах. Залежність відновлюваності оксидів важких металів від температури і складу газової фази.
18	1	Організація збору лому і відходів кольорових металів. Первинна переробка лому і відходів. Хімічні та інструментальні методи сортування. Електромагнітна сепарація. Роз'єднання у важких середовищах. Різка. Дроблення та подрібнення. Пакування та брикетування.
	2	Практика відбивної плавки свинцьвмісної вторинної сировини. Розподіл свинцю і склад продуктів відбивної плавки акумуляторного лому.

Продовження табл. 4.1		
19	1	Переробка стружки кольорових металів і сплавів.
	2	Практика плавки вторинного свинцю у короткобарабанній печі, що обертається.
20	1	Первинна переробка кабельного лому. Гаряче окатування.
	2	Шахтна плавка свинсцьвмісної вторинної сировини. Показники роботи і матеріальний баланс шахтної плавки свинцю.

#### 4.1.2 Розрахункова частина індивідуального завдання

Середній хімічний склад бронзи БрО3Ц7С5Н1, що виплавляється % по масі: Sn 3,0; Zn 8,0; Pb 5,0; Ni 1,0. Допустимий вміст домішок % не більше: Sn 0,5; Fe 0,4; Si 0,02.

Шихта складається з повернення відходів бронзи БрО3Ц7С5Н1, а також відходів бронзи БрО10Ц2, Бр05С25, латуні ЛЦ42, нейзильберу МШ5Ц20, катодної міді М4.

Хімічний склад компонентів шихти приведений в табл. 4.2

Таблиця 4.2

Склад шихти для виплавки бронзи БрО3Ц7С5Н1

Матеріали	Позначення	Легуючі елементи, %				Домішки % не більш		
		Sn	Zn	Pb	Ni	Sb	Fe	Si
БрО3Ц7С5Н1	<i>x</i>	3,1	7,5	4,0	1,5	0,4	0,3	0,01
БрО10Ц2	<i>y</i>	9,5	2,5	-	-	0,2	0,1	0,01
Бр05С25	<i>z</i>	5,0	-	26,0	-	0,2	0,2	0,02
ЛЦ42	<i>p</i>	-	43,0	-	-	0,1	0,1	0,01
МН15Ц20	<i>q</i>	-	21,0	-	14,0	0,01	0,5	0,15
М4	<i>l</i>	-	-	-	-	0,2	0,1	-

Примітка: Cu - інше, в катодній міді > 99% Cu.

Середні втрати олова, свинцю, нікелю і міді в % від маси шихти вказані в індивідуальному завданні. Втрати цинку приймаються 13% від його маси в шихти для всіх варіантів.

Доля в шихті повернення відходів бронзи БрО3Ц7С5Н1 приведена в індивідуальному завданні.

Мета розрахунку шихти - визначення кількості компонентів шихти тобто величини *x*, *y*, *z*, *p*, *q*, *l*, з урахуванням втрат шихти і частки повернення в шихті, а також перевірка вмісту в шихті домішок (Sb, Fe, Si), що регламентуються.

Варіанти індивідуальних завдань до «розрахунку шихти для виплавки бронзи з відходів» приведені у таблиці 4.3.



Варіантів індивідуальних завдань до «розрахунк шихти для виплавки бронзи з відходів»

№ Варіанту	Втрати при плавці, %	Повернення відходів бронзи БрОЗЦ7С5Н1, %
1	1,6	46
2	1,65	46
3	1,7	47
4	1,75	47
5	1,8	48
6	1,85	48
7	1,9	49
8	1,95	49
9	2,1	51
10	2,15	51
11	2,2	52
12	2,25	52
13	2,3	53
14	2,35	53
15	2,4	54
16	2,45	54
17	1,4	44
18	1,45	44
19	1,5	45
20	1,55	45

**4.2 Методичні вказівки до виконання розрахункової частини індивідуального завдання на тему: «Розрахунок шихти для виплавки бронзи БрОЗЦ7С5Н1 в індукційній печі».**

Варіант № \_\_\_\_\_

Потрібно розрахувати шихту для отримання бронзи БрОЗЦ7С5Н1. За технічними умовами бронза повинна мати наступний зміст основних легуючих елементів % : *Sn* 2,5...4,0; *Zn* 6,0...9,5; *Pb* 3,0...6,0; *Ni* 0,5...2,0; *Сi* останнє. Домішки %, не більш: *Sb* 0,5; *Fe* 0,4; *Si* 0,02. Втрати при плавці складають 2% від маси шихти, при цьому втрати цинку рівні 13%(у всіх варіантів) від вмісту його в шихті. Шихта повинна бути складена на 50%(у кожного варіанту своє число) з повернень бронзи БрОЗЦ7С5Н1 і на 50% (всього 100%, означає 100-50=50%), з відходів бронзи БрО10Ц2, БрО5С25, латунь ЛЦ42, нейзільберу МН15Ц20 і з катодної міді мазкі М4.

У таблиці 4.2 приведений склад шихтових матеріалів та вказані також потрібні при розрахунку позначення кожного з шихтових матеріалів - *x, y, z, p, q, l*.

Мета розрахунку шихти полягає у визначенні кількості шихтових матеріалів, тобто у відшуканні величин  $x, y, z, p, q, l$ .

Для зручності і наочності розрахунок ведемо на 100 кг сплаву. Зміст легуючих компонентів задаємо по середньому складу бронзи. Таким чином, в 100 кг сплаву повинно міститися олова 3 кг (3%), свинцю 5кг (5%), нікель 1кг (1%), цинк 8кг (8%), останнє - мідь. Вважаємо, що при плавці середні втрати олова, свинцю, нікелю і міді складають 2%. Зміст цинку із-за втрат необхідно збільшити:  $(8 \cdot 100 / (100 - 13)) \cdot 100 = 9,20$  кг (\*100 оскільки розрахунок вироблюваний на 100 кг). Загальна кількість шихти для приготування 100 кг сплаву з урахуванням 2% втрат рівні  $(100 / (100 - 2)) \cdot 100 = 102,04$  кг (\*100 оскільки розрахунок вироблюваний на 100 кг). Відповідно до цього складаємо балансові рівняння по легуючих елементах і кількості шихти:

1.  $x \cdot 3,1/100 + y \cdot 9,5/100 + z \cdot 5,0/100 = 3,0$  (баланс по олову).
2.  $x \cdot 7,5/100 + y \cdot 2,5/100 + p \cdot 43/100 + q \cdot 21/100 = 9,2$  (баланс по цинку).
3.  $x \cdot 4,0/100 + z \cdot 26/100 = 5,0$  (баланс по свинцю).
4.  $x \cdot 1,5/100 + q \cdot 14/100 = 1,0$  (баланс по нікелю).
5.  $x = 50$  (обмеження по кількості повернення).
6.  $x + y + z + p + q + l = 102,04$  (баланс по кількості шихти).

Вирішення системи рівнянь 1. - 6.

$$3(5) \quad x = 50 \text{ кг}$$

$$3(3) \quad z = \left( 5 - x \cdot \frac{4}{100} \right) \cdot \frac{100}{26} = \left( 5 - 50 \cdot \frac{4}{100} \right) \cdot \frac{100}{26} = 11,54 \text{ кг}$$

$$3(4) \quad q = \left( 1 - x \cdot \frac{1,5}{100} \right) \cdot \frac{100}{14} = \left( 1 - 50 \cdot \frac{1,5}{100} \right) \cdot \frac{100}{14} = 1,79 \text{ кг}$$

$$3(1) \quad y = \left( 3 - x \cdot \frac{3,1}{100} - z \cdot \frac{5}{100} \right) \cdot \frac{100}{9,5} = \left( 3 - 50 \cdot \frac{3,1}{100} - 11,54 \cdot \frac{5}{100} \right) \cdot \frac{100}{9,5} = 9,19 \text{ кг}$$

$$3(2) \quad p = \left( 9,2 - x \cdot \frac{7,5}{100} - y \cdot \frac{2,5}{100} - q \cdot \frac{21}{100} \right) \cdot \frac{100}{43} =$$

$$\left( 9,2 - 50 \cdot \frac{7,5}{100} - 11,54 \cdot \frac{2,5}{100} - 1,79 \cdot \frac{21}{100} \right) \cdot \frac{100}{43} = 11,27 \text{ кг}$$

$$3(6) \quad l = 102,04 - (x + y + z + p + q) = 102,04 - (50 + 9,19 + 11,54 + 11,27 + 1,79) = 18,26 \text{ кг}$$

Таким чином, вирішення цієї системи лінійних рівнянь алгебри дає:  $x = 50,00$  кг;  $y = 9,19$  кг;  $z = 11,54$  кг;  $p = 11,27$  кг;  $q = 1,79$  кг і  $l = 18,26$  кг

Перевіряємо вміст домішок в шихті.

Домішка сурми:  $0,00450 + 0,0029,19 + 0,00211,54 + 0,00111,27 + 0,00011,79 + 0,00218,26 = 0,289$  кг, або 0,3 %, що менше допустимих 0,5%.

Домішка заліза:  $0,003 \cdot 50 + 0,0019,19 + 0,00211,54 + 0,00111,27 + 0,0051,79 + 0,00118,26 = 0,221$  кг, або 0,22%, що менше допустимих 0,4%.

Домішка кремнію:  $0,0001 \cdot 50 + 0,0001 \cdot 9,19 + 0,0002 \cdot 11,54 + 0,0001 \cdot 11,27 + 0,0015 \cdot 1,79 = 0,012$  кг, або 0,012%, що менше допустимих 0,02%.

Таким чином, в розрахованій шихті зміст домішок не перевищує допустимих меж.