

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



**РОБОЧА ПРОГРАМА,
методичні вказівки та індивідуальні завдання
до вивчення дисципліни
«Технологічні особливості виробництва 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 «Технологічні особливості виробництва 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. – 16с.

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 ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Учебная дисциплина «Технологические особенности производства цветных металлов» входит в цикл дисциплин самостоятельного выбора высшего учебного заведения при подготовке бакалавров.

В результате изучения этой дисциплины студент должен знать особенности пиро-, гидро-, и электрометаллургических процессов получения и рафинирования цветных металлов, а так же уметь применять полученные знания при изучении последующих учебных курсов. Дисциплина изучается студентами дневной и заочной формы обучения на 3 курсе.

Учебные занятия по дисциплине состоят из лекций, практических занятий, выполнения модульных контрольных работ, самостоятельной работы с литературой.

Распределение учебных часов	Количество часов
Всего часов по учебному плану, в том числе:	300
Аудиторные занятия, из них	160
- лекции	120
-практические занятия	40
Самостоятельная работа, в том числе при :	140
- подготовке к аудиторным занятиям	80
- подготовке к модульным контрольным работам	30
- проработке разделов программы, которые не даются на лекциях	30
Итоговый контроль	экзамены

2 РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ТЕМАМ

2.1 Тема 1 Минерально-сырьевая база цветной металлургии (24 часа лекций, 8 часов практических занятий)

2.1.1 Программа

Лекции: Вещественный состав руд цветных металлов. Классификация руд. Типы руд, основные минералы. Состояние рудной базы цветной

металлургии Украины.

Виды месторождений и добычи руд. Методы обогащения руд (гравитационное, флотация, магнитное, электрическое, специальные виды). Подготовительные операции (дробление, грохочение, измельчение, классификация). Вспомогательные процессы подготовки руд (окатывание, брикетирование, агломерация).

Классификация лома и отходов цветных металлов. Сортировка вторичного сырья (пиротехнический контроль, радиационный контроль, видовая сортировка). Фрагментация и измельчение лома. Дробление отходов. Специальные методы разрушения отходов. Компактирование и агрегатирование отходов.

Сепарация отходов (сухие и мокрые методы).

Практические занятия: Расчет показателей процессов подготовки руд и параметров применяемого оборудования. Расчет показателей дробления лома и отходов и параметров применяемого оборудования.

2.1.2 Литература

[1] С. 11-19, [2] С. 45-95, [3] С. 63-75

2.1.3 Методические указания

Цель изучения темы – изучение рудного сырья цветной металлургии и технологии его подготовки к металлургическому переделу, а так же технологии первичной обработки лома и отходов цветных металлов и сплавов.

В этой теме необходимо уяснить классификацию руд, формы существования цветных металлов в рудах, необходимость обогащения руд, виды добычи и обогащения руд, способы подготовки рудного сырья после обогащения к металлургической переработке.

Следует уяснить также, что в Украине из-за отсутствия рудного сырья основные цветные металлы (Al, Cu, Zn, Pb, Sn и др.) получают из вторичного сырья – лома и отходов. Металл из руды и отходов не имеет химических и физических отличий. Однако энергетические затраты на получение металла из руды значительно больше, чем при использовании отходов.

Изучив тему, студент должен знать:

- виды руд цветных металлов и минимально допустимое содержание в них ведущего элемента;
- назначение и технологию подготовительных операций обогащения;
- принципы и особенности методов обогащения руд;
- назначение и технологию вспомогательных операций подготовки руд;
- основы окускования мелкодисперсных руд;
- технологические процессы первичной подготовки лома и отходов перед металлургическим переделом.

Студент должен уметь:

- выбрать необходимое оборудование для подготовки руды к обогащению;
- обосновать выбор метода обогащения конкретных руд цветных металлов;
- обосновать выбор методов первичной подготовки лома и отходов конкретных цветных металлов.

2.2.4 Вопросы для самопроверки

1. На какие виды по минеральному составу подразделяют руды цветных металлов?
2. Какие руды называются «полиметаллическими»?
3. Руды каких цветных металлов относятся к группе сульфидных?
4. Руды каких цветных металлов относятся к группе окисленных?
5. Какие цветные металлы относятся к группе самородных?
6. Руды каких металлов используются в качестве сырья в цветной металлургии Украины?
7. Назовите основные минералы алюминия.
8. Назовите основные минералы меди.
9. Назовите основные минералы никеля.
10. Назовите основные минералы титана.
11. Назовите основные минералы магния.
12. Укажите методы обогащения руд цветных металлов .
13. Какова физическая сущность флотации?
14. Каков принцип гравитационного обогащения руд?

15. Каков принцип обогащения руд в тяжелых суспензиях?
16. Укажите методы окускования мелкодисперсных руд.
17. По какому признаку отходы цветных металлов делят на классы, группы и сорта?
18. Что обозначает термин «засоренность лома и отходов»?
19. Как осуществляется фрагментирование отходов цветных металлов?
20. Укажите методы сепарации отходов цветных металлов.

2.2 Тема 2. Особенности пирометаллургических процессов цветной металлургии

(48 часов лекций, 16 часов практических занятий)

2.2.1 Программа

Лекции: Физико-химические особенности и виды пирометаллургических процессов цветной металлургии.

Определение, назначение и виды обжига. Кальцинирующий обжиг (прокалка). Окислительный обжиг. Агломерирующий (спекающий) обжиг. Восстановительный обжиг. Хлорирующий и фторирующий обжиг. Особенности обжига медных, никелевых, цинковых и молибденовых сульфидных концентратов.

Определение, назначение и виды металлургических плавков. Восстановительная плавка. Реакционная плавка. Вельцевание и фьюмингование. Металлотермическая плавка. Особенности конвертирования медных, никелевых и медно-никелевых штейнов.

Назначение и виды рафинирования цветных металлов. Ликвационное рафинирование. Дистилляция и ректификация. Сульфидирующее рафинирование. Хлорное рафинирование. Окислительное (огневое) рафинирование. Щелочное рафинирование. Кристаллофизическое рафинирование (зонная плавка, выращивание монокристаллов из расплава). Переплавы спец электрометаллургии (ВДП, ЭЛП, ПДП, ЭШП).

Практические занятия: Расчет основных параметров и показателей пирометаллургических процессов цветной металлургии.

2.2.2 Литература

[1] С. 20-32, [2] С. 128-158, [3] С. 256-274

2.2.3 Методические указания

Цель изучения темы – усвоение знаний о технологических особенностях пирометаллургических процессов цветной металлургии.

В этой теме необходимо уяснить сущность, назначение и виды пирометаллургических процессов обжига, металлургических и рафинированных плавов.

Следует уяснить, что пирометаллургические процессы протекают при высоких температурах с полным или частичным расплавлением исходных материалов. Обжиг – пирометаллургический процесс, проводимый при 500 - 1200⁰С даже без частичного расплавления шихтовых материалов. Все процессы протекают между твердыми и газообразными фазами. При этом решается задача получения таких химических соединений основного металла, которые удобны для последующих переделов. Кроме того, обжиг используют для извлечения из исходного сырья ценных сопутствующих элементов (обычно серы) и для удаления из исходного материала элементов, вредных для последующих операций.

Металлургические плавки – это процессы, в которых основные физико-химические превращения протекают в расплавленных средах. В этих процессах исходные твердые вещества реагируют между собой и с газовой фазой с образованием жидких фаз (металл, шлак, штейн), которые обладают малой взаимной растворимостью и разделяются по плотности.

Основным продуктом металлургических плавов является черновые металлы, которые содержат вредные или нежелательные примеси. Очистка металлов от примесей является обязательной операцией в технологии получения любого цветного металла. При любой технологии рафинирования используют различие в физических и химических свойствах (температуры плавления и кипения, плотность, химическая активность и т.д.) основного (очищаемого) металла и примесей.

Изучив тему, студент должен знать:

- сущность, назначение и технологические особенности пирометаллургических процессов цветной металлургии;

- виды и назначения обжига;

- виды и назначения металлургических плавок;

- виды и назначения рафинированных плавок;

Студент должен уметь:

- выбрать необходимое оборудование для данного пирометаллургического процесса;

- обосновать выбор типа и вида пирометаллургического процесса для данного цветного металла;

- рассчитать основные показатели пирометаллургического процесса для данного цветного металла;

2.2.4 Вопросы для самопроверки

1. Приведите классификацию процессов обжига.

2. При каких температурах проводится обжиг материалов в цветной металлургии?

3. Укажите возможные цели обжига в цветной металлургии.

4. Укажите сущность, назначение и пример кальцинирующего обжига.

5. Укажите сущность, назначение и пример окислительного обжига.

6. Укажите сущность, назначение и пример спекающего обжига.

7. Укажите сущность, назначение и пример восстановительного обжига.

8. Приведите классификацию металлургических плавок.

9. Укажите, в каких фазах протекают обжиг и металлургические плавки.

10. Укажите сущность, назначение и пример углеродовосстановительной плавки.

11. Укажите сущность, назначение и пример металлотермической плавки.

12. Укажите сущность, назначение и пример концентрационной плавки.

13. Укажите сущность, назначение и пример реакционной плавки.

14. Приведите классификацию рафинированных плавок.

15. Укажите сущность, назначение и пример ликвационного рафинирования.

16. Укажите сущность, назначение и пример сульфидирующего рафинирования.

17. Укажите сущность, назначение и пример окислительного рафинирования.
18. Укажите сущность, назначение и пример рафинирования путем дистилляции и ректификации.
19. Укажите сущность, назначение и пример рафинирования путем зонной плавки.
20. Укажите сущность, назначение и пример рафинирования путем выращивания монокристалла из расплава.

2.3 Тема 3. Особенности электрометаллургических процессов цветной металлургии

(24 часа лекций, 8 часов практических занятий)

2.3.1 Программа

Лекции: Классификация электрометаллургических процессов цветной металлургии.

Сущность и законы электролиза. Электролитическое осаждение (электролиз с нерастворимым анодом). Электроосаждение из водных растворов. Электроосаждение из расплавленных солей. Особенности технологии электролитического осаждения алюминия, магния и цинка.

Электролитическое рафинирование (электролиз с растворимым анодом). Электрорафинирование в водных растворах. Электрорафинирование в расплавленных солях. Особенности технологии электролитического рафинирования меди и никеля.

Практические занятия: Расчеты показателей и параметров электрометаллургических (электрохимических) процессов цветной металлургии.

2.3.2 Литература

[1] С. 40-42, [2] С. 263-293, [3] С. 316-330

2.3.3 Методические указания

Цель изучения темы – усвоение знаний о технологических особенностях электрометаллургических процессов цветной металлургии.

В этой теме необходимо уяснить сущность, назначение и виды электрометаллургических процессов. Также уяснить, что электрометаллургические процессы в цветной металлургии – это электрохимические процессы электролитического осаждения и электролитического рафинирования. Оба вида процессов подчиняются общим законам электролиза и осуществляются как в водных растворах солей, так и в расплавленных солях.

Электролитическое осаждение – процесс выделения металла на катоде с использованием нерастворимого анода из углерода или свинца. Электролитическое рафинирование осуществляется с целью очистки чернового металла от примесей, причем черновой металл применяется в качестве растворимого анода.

Количество металла, осаждаемого на катоде (m), определяется законом Фарадея:

$$m = \frac{M}{F \cdot n} \cdot J \cdot \tau, \quad (2.1)$$

где M – атомная масса металла; F – постоянная Фарадея, равная 26,8 А г ;
 n – валентность металла; J – сила тока, А ; τ - длительность электролиза, ч

Изучив тему, студент должен знать:

- сущность, назначение и виды электрометаллургических процессов цветной металлургии;
- закон Фарадея и понятие «выход по току»;
- технологические особенности электролитического осаждения;
- технологические особенности электролитического рафинирования;

Студент должен уметь:

- рассчитать производительность процесса электролиза;
- выбрать вид электрометаллургического процесса для осаждения и рафинирования данного металла.

2.3.4 Вопросы для самопроверки

1. Чем отличаются «электротермия» и «электрохимия»?
2. Из какого материала изготавливают растворимый анод при электролитическом рафинировании металлов?
3. Из каких материалов изготавливают катоды в электролизерах цветной металлургии?
4. Какую зависимость устанавливают первый закон Фарадея?
5. Укажите виды электрохимических процессов цветной металлургии и их отличия.
6. Что такое «электрохимический эквивалент» вещества и как он рассчитывается?
7. Какую зависимость устанавливает второй закон Фарадея?
8. Из каких материалов изготавливают аноды в электролизерах цветной металлургии?
9. Что ограничивает применение электролиза водных растворов солей для получения металлов?
10. С какой целью в электролизерах применяют диафрагму и что она собой представляет?
11. Как рассчитывается производительность процесса электролиза?
12. Каковы основные причины отклонения от законов Фарадея?
13. Как рассчитывается удельный расход электроэнергии при электролизе?
14. Назовите основные части электролиза и их назначение.
15. Какие металлы получают электролитическим осаждением из водных растворов солей?
16. Какие металлы получают электролитическим осаждением из расплавленных солей?
17. Какие металлы рафинируют электролизом водных растворов солей?
18. Какие металлы рафинируют электролизом расплавленных солей?
19. Что такое «выход по току» и как он рассчитывается?
20. Чем отличаются по конструкции электролизеры типа БТ, ВТ и ОА?

2.4 Тема 4 Особенности гидрометаллургических процессов цветной металлургии

(24 часа лекций, 8 часов практических занятий)

2.4.1 Программа

Лекции: Сущность гидрометаллургии и основные стадии процесса. Классификация гидрометаллургических процессов.

Цель и виды выщелачивания: кислотное, щелочное, обменное, нейтральное, электрохимическое. Цель и виды осаждения металлов и их соединений из растворов: кристаллизация, гидролиз, осаждение сульфидов, цементация, восстановление водородом, экстракция, ионный обмен.

Практические занятия: Расчет показателей и параметров гидрометаллургических процессов цветной металлургии.

2.4.2 Литература

[1] С. 32-39, [2] С. 168-250, [3] С. 274-316

2.4.3 Методические указания

Цель изучения темы – усвоение знаний о технологических особенностях гидрометаллургических процессов цветной металлургии.

В этой теме необходимо уяснить сущность, назначение и виды гидрометаллургических процессов. Следует понять, что гидрометаллургические процессы используют для извлечения металлов из химических соединений в рудах путем обработки химическими реагентами с последующим выделением из растворов металлов в свободном виде или в виде соединений. Эти процессы протекают при низких температурах (20-80⁰С) и атмосферном давлении в жидкой, чаще водной, среде. В автоклавных процессах используют температуры 100-300⁰С и повышенное давление, чтобы избежать испарения воды. Производство глинозема из бокситов является чисто гидрометаллургическим процессом.

По сравнению с пирометаллургическими гидрометаллургические

процессы имеют следующие преимущества:

- избирательное извлечение металлов из бедных руд;
- комплексная переработка сырья с высоким извлечением всех ценных компонентов;
- получение металла высокой чистоты, не требующего рафинирования;
- улучшение экологии.

Ограниченное применение гидрометаллургии связано с коррозионным действием реагентов на аппаратуру и проблемой сточных вод.

Изучив тему, студент должен знать:

- сущность, виды и основные стадии гидрометаллургических процессов;
- технологические особенности выщелачивания ;
- технологические особенности осаждения металлов из растворов;

Студент должен уметь;

- рассчитывать основные показатели гидрометаллургических процессов;
- выбрать вид гидрометаллургического процесса для данного металла.

2.4.4 Вопросы для самопроверки

1. Укажите сущность гидрометаллургических процессов и их преимущества перед пирометаллургическими.
2. При каких температурах осуществляются гидрометаллургические процессы?
3. Какие вещества используют в качестве экстрагентов в гидрометаллургии?
4. Как рассчитывается извлечение металлов из раствора при экстракции?
5. Укажите недостатки гидрометаллургических процессов.
6. Какие цветные металлы получают гидрометаллургическим способом?
7. Каковы основные стадии гидрометаллургических процессов и их назначение?
8. На каком принципе основан ионный обмен?
9. Каковы сущность и преимущества экстракционного извлечения металлов из растворов?
10. Что такое «выщелачивание»?
11. Какими способами можно получить пересыщенный раствор?
12. Какова сущность цементации раствора?

13. Какие вещества используют в качестве растворителя при выщелачивании?
14. Укажите виды растворения веществ при выщелачивании.
15. Какова цель внесения затравки в раствор при кристаллизации?
16. Что такое «дробная кристаллизация» раствора?
17. Какой процесс в гидрометаллургии называют «элюирование»?
18. На чем основано гидролитическое осаждение металлов?
19. Каковы наиболее эффективные осадители сульфидов из раствора?
20. Какова цель физико-химической подготовки веществ к выщелачиванию?

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Практические занятия включают 40 аудиторных часов и посвящены расчетам показателей процессов подготовки руд к плавке, основных показателей и параметров пиро-, гидро- и электрометаллургических процессов цветной металлургии. На этих занятиях рассматриваются задачи с решениями из учебных пособий:

1. Расчеты пиропроцессов и печей цветной металлургии / Д.А. Диомидовский и др. – М.: Металлургия, 1965-460с.
2. Расчеты процессов и аппаратов производства тугоплавких металлов / А.П.Надольский – М.: Металлургия , 1980 – 128с.

4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

Индивидуальное задание состоит из 4-х вопросов – по одному вопросу для самопроверки из каждой темы дисциплины. В табл. 4.1. приведен повариантный перечень вопросов соответственно их нумерации по темам.

Таблица 4.1 - Номера вариантов и номера вопросов по темам

№ варианта	№ вопроса по темам			
	1	2	3	4
1	1	5	10	15
2	2	6	11	16
3	3	7	12	17
4	4	8	13	18
5	5	9	14	19
6	6	10	15	20
7	7	11	16	1
8	8	12	17	2
9	9	13	18	3
10	10	14	19	4
11	11	15	20	5
12	12	16	1	6
13	13	17	2	7
14	14	18	3	8
15	15	19	4	9
16	16	20	5	10
17	17	1	6	11
18	18	2	7	12
19	19	3	8	13
20	20	4	9	14

РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Металургія кольорових металів : Навчальний посібник для вищих навчальних закладів / Рабінович О.В., Садовник Ю.В., Ігнат'єв В.С. та інші – НметАУ – Дніпропетровськ: Журфонд, 2009 – 154с.

2. Колобов Г.А., Грищенко С.Г., Пожув В.И. Цветная металлургия. Физико-химические и технологические основы: монография/Запорожье: Изд-во ЗГИА, 2010 – 330с.

3. Металлургия цветных металлов :/Колобов Г.А., Бредихин В.Н., Маняк Н.А., Шевелев А.И. – ДонНТУ – Д. - : Издательский дом «Кальмиус», 2007 - 462с.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	3
2 РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ТЕМАМ	3
2.1 Тема 1 Минерально-сырьевая база цветной металлургии	3
2.2 Тема 2. Особенности пирометаллургических процессов цветной металлургии	6
2.3 Тема 3. Особенности электрометаллургических процессов цветной металлургии	9
2.4 Тема 4 Особенности гидрометаллургических процессов цветной металлургии	12
3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ	14
4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ	14
РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА	15