

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ



РОБОЧА ПРОГРАМА,
методичні вказівки та індивідуальні завдання
до вивчення дисципліни до вивчення дисципліни
«Металургія кольорових металів»
для студентів напрямку 6.050401 – металургія

Дніпропетровськ НМетАУ 2015

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

**РОБОЧА ПРОГРАМА,
методичні вказівки та індивідуальні завдання
до вивчення дисципліни до вивчення дисципліни
«Металургія кольорових металів»
для студентів напрямку 6.050401 – металургія**

Дніпропетровськ НМетАУ 2015

УДК 621.746(07)

Робоча програма, методичні вказівки та індивідуальні завдання до вивчення дисципліни «Металургія кольорових металів» для студентів напрямку 6.050401 – металургія / Укл.: Г.А. Поляков, С.М. Підгорний, Г.М. Трегубенко, Ю.О. Бубликов, . – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – 22 с.

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

Призначена для студентів для студентів напрямку 6.050401 – металургія заочної форми навчання.

Укладачі: Г.А. Поляков, ст. викладач
С.М. Підгорний, асистент
Г.М. Трегубенко, д-р 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. Дніпропетровськ-5, пр. Гагаріна,4

Редакційно-видавничий відділ НМетАУ

1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

За навчальним планом дисципліна «Металургія кольорових металів» вивчається студентами заочної форми навчання на 4 курсі.

Мета дисципліни - вивчення основ технології виробництва найбільш важливих кольорових металів.

Аудиторні навчальні заняття для студентів заочної форми навчання складають 8 годин лекцій, 4 години лабораторних робіт та 60 години на самостійну роботу. Студенти заочної форми навчання виконують індивідуальне домашнє завдання.

Основним видом занять при вивченні вказаної дисципліни студентами-заочниками є самостійна робота з літературою.

Рекомендована література:

1. Металургія кольорових металів : Навчальний посібник для вищих навчальних закладів / Рабинович О.В., Садовник Ю.В., Ігнат'єв В.С., Трегубенко Г.М., Бубликов Ю.О. - НМетАУ. - Дн-ск: Видавництво, 2009.- 154 с.

2. Червоний І.Ф., Маняк М.О., Рабинович О.В., Колобов Г.О. Вступ до спеціальності. Металургія кольорових металів. Навчальний посібник І Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2009. - 137 с.

3. Уткин Н.И. Производство цветных металлов. - М.: Интермет Инжиниринг. 2000.- 442 с.

2 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ТЕМ

Тема 2.1 Загальні відомості про виробництво кольорових металів

(2 години лекцій, самостійна робота)

2.1.1 Програма

Класифікація кольорових металів, їх застосування та значення у сучасній техніці. Руди кольорових металів та методи їх збагачення. Класифікація способів виробництва кольорових металів. Стан та перспективи розвитку кольорової металургії України.

2.1.2 Література

[1] С. 11-42; [2] С. 5-105; [3] С. 9-76.

2.1.3 Методичні вказівки

Мета вивчення теми - засвоєння основних визначень і понять кольорової металургії.

У цій темі необхідно уявити принципи класифікації кольорових металів, їх значення і застосування у сучасній техніці. Необхідно також уявити основні способи виробництва кольорових металів, види руд кольорових металів і методи їх збагачення.

Вивчивши тему, студент повинен :

- знати класифікацію кольорових металів та способів їх виробництва;
- уміти обґрунтувати способи виробництва конкретних кольорових металів.

2.1.4 Питання для самоперевірки

1. На які класифікаційні групи підрозділяються кольорові метали і за якими ознаками?
2. Якими методами збагачують руди кольорових металів?
3. На які класифікаційні групи підрозділяються процеси виробництва кольорових металів?
4. Назвіть основні підприємства кольорової металургії України.
5. Що таке штейн? Виробництво яких кольорових металів пов'язане з переробкою штейну?

Тема 2.2 Металургія міді

(2 години лекцій, самостійна робота)

2.2.1 Програма

Властивості міді та її сплавів, галузі застосування. Сировина для виробництва міді. Технологічна схема пірометалургійного способу отримання міді з сульфідних руд. Підготовка руд до плавки. Виплавка штейну. Конвертування штейну. Рафінування міді. Техніко-економічні показники процесу виробництва міді.

2.2.2 Література

[1] С. 77-100; [3] С.112-182.

2.2.3 Методичні вказівки

Мета вивчення теми - засвоєння основ технології виробництва міді.

При вивченні цієї теми треба уявити, що мідні руди поділяються на сульфідні і окислені. Пірометалургійній переробці піддають переважно сульфідні руди. При цьому попутно при електролітичному рафінуванні отримують шлами, збагачені такими цінними металами, як золото, срібло, платина тощо.

Вивчивши тему, студент повинен :

- знати основні властивості міді, галузі застосування міді та її сплавів, основи пірометалургійного способу отримання міді;
- уміти обґрунтувати технологічну схему виробництва міді, галузі, де застосування міді та її сплавів найбільш ефективно.

2.2.4 Питання для самоперевірки

1. Вкажіть і обґрунтуйте основні галузі застосування міді та її сплавів.
2. Які основні сплави міді ви знаєте? Вкажіть їх приблизний склад.
3. Вкажіть основні стадії пірометалургійного способу виробництва міді у їх технологічній послідовності.
4. Як здійснюється рафінування чорної міді від шкідливих домішок?
5. Запишіть реакції, що йдуть на катоді і аноді при електролітичному рафінуванні міді.

Тема 2.3 Металургія нікелю

(самостійна робота)

2.3.1 Програма

Властивості нікелю та галузі його застосування. Руди нікелю. Способи отримання нікелю. Виробництво нікелю з сульфідних мідно-нікелевих руд. Рафінування нікелю. Виробництво феронікелю з окислених руд. Техніко-економічні показники виробництва нікелю.

2.3.2 Література

[1] С.102-125; [3] С. 186-223.

2.3.3 Методичні вказівки

Мета вивчення теми - засвоєння основ технології отримання нікелю.

У цій темі необхідно уявити, що руди нікелю поділяються на сульфідні мідно-нікелеві і окислені, технології переробки яких суттєво відрізняються. З сульфідних руд виробляють чистий нікель. Окислені руди доцільніше переробляти на феронікель, як, наприклад, на вітчизняному Побузькому нікелевому заводі.

Вивчивши тему, студент повинен :

- знати основи технології отримання нікелю і феронікелю;
- уміти обґрунтувати технологічні схеми переробки нікелевих руд, галузі найбільш ефективного застосування нікелю і його сплавів.

2.3.4 Питання для самоперевірки

1. Вкажіть основні галузі застосування нікелю і його сплавів.
2. Вкажіть основні стадії отримання нікелю з сульфідних руд у їх технологічній послідовності.
3. Вкажіть основні стадії отримання феронікелю з окислених нікелевих руд у їх технологічній послідовності.
4. Обґрунтуйте основні переваги переробки окислених руд на феронікель порівняно з традиційною технологічною схемою отримання нікелю.
5. Які цінні елементи попутно отримують при електролітичному рафінуванні нікелю?

Тема 2.4 Металургія алюмінію

(2 години лекцій, самостійна робота)

2.4.1 Програма

Властивості алюмінію та його сплавів. Галузі застосування. Мінерали та руди алюмінію. Технологія отримання глинозему з бокситів за методом Байера. Технологія електролітичного отримання алюмінію з глинозему. Конструкція електролізера. Рафінування первинного алюмінію. Техніко-економічні показники технології електролітичного отримання алюмінію.

2.4.2 Література

[1] С.44-59; [3] С.294-339.

2.4.3 Методичні вказівки

Мета вивчення теми - засвоєння основ технології отримання алюмінію.

У цій темі необхідно уяснити, що сучасна технологія виробництва алюмінію складається з двох стадій: отримання глинозему з бокситів та електролітичне одержання алюмінію з глинозему. Треба також уяснити конструкцію алюмінієвого електролізера та основні електрохімічні реакції при електролізі криоліто-глиноземного розплаву.

Вивчивши тему, студент повинен :

- знати основи сучасної технології отримання алюмінію;
- уміти обґрунтувати галузі, де застосування алюмінію і його сплавів найбільш ефективно.

2.4.4 Питання для самоперевірки

1. Вкажіть, які операції і в якій послідовності включає технологічна схема отримання глинозему за способом Байєра.
2. Запишіть реакції, що йдуть на катоді і аноді при електролітичному отриманні алюмінію.
3. Які методи застосовуються для рафінування алюмінію, отриманого електролізом?
4. Які основні компоненти входять до складу головних сплавів алюмінію - дуралюмінію і силуміну?
5. Які головні властивості алюмінію обумовили його широке застосування у промисловості?

Тема 2.5 Металургія титану

(самостійна робота)

2.5.1 Програма

Властивості титану та його сплавів, галузі застосування. Руди титану. Технологічна схема магнієтермічного способу одержання титану. Виробництво тетрахлориду титану. Відновлення тетрахлориду титану магнієм. Отримання компактного титану з титанової губки. Техніко-економічні показники виробництва титану.

2.5.2 Література

[1] С.60-76; [3] С.363-382.

2.5.3 Методичні вказівки

Мета вивчення теми - засвоєння основ технології отримання титану.

У цій темі необхідно уявити основні послідовні стадії магієтермічного способу виробництва титану. Необхідно також уявити, що в Україні зараз існує тільки виробництво губчастого титану, який є напівпродуктом для отримання титанового прокату і литва. В той же час Україна у значних кількостях експортує титанові концентрати.

Вивчивши тему, студент повинен :

- знати основи технології отримання титану;
- уміти обгрунтувати галузі, де застосування титану і його сплавів найбільш ефективно.

2.5.4 Питання для самоперевірки

1. Вкажіть основні властивості титану і галузі його застосування.
2. Вкажіть основні стадії отримання губчастого титану з ільменітового концентрату у їх технологічній послідовності.
3. Затініть хімічну реакцію, яка лежить в основі магієтермічного відновлення тетраклориду титану.
4. Яким методом здійснюється рафінування титанової губки від залишків магнію та $MgCl_2$?
5. Поясніть, чому для отримання зливків титану з титанової губки використовують методи спецеелектрометалургії.

Тема 2.6 Металургія вторинних кольорових металів

(2 години лекцій, 4 години лабораторних робіт,
самостійна робота)

2.6.1 Програма

Сировина для виробництва вторинних кольорових металів та її первинна переробка. Виробництво вторинних міді, алюмінію, свинцю та сплавів на їх основі. Сучасний стан і напрямки розвитку металургії вторинних кольорових металів в Україні.

2.6.2 Література

[1] С.126-144; [2] С.106-137; [3] С.417-442.

2.6.3 Методичні вказівки

Мета вивчення теми — засвоєння основ технології виробництва вторинних кольорових металів.

У цій темі необхідно уявити, що переробка відходів кольорових металів і їх сплавів має вирішальне значення для України, яка не має власної сировинної бази для виробництва таких найважливіших кольорових металів, як мідь, алюміній, свинець, цинк тощо. Треба також уявити основи первинної переробки відходів та особливості технології виробництва з них вторинних кольорових металів і сплавів.

Вивчивши тему, студент повинен:

- знати основи технології переробки вторинної сировини основних кольорових металів;
- уміти вибрати і обґрунтувати технологічну схему переробки відходів основних кольорових металів.

2.6.4 Питання для самоперевірки

1 Вкажіть, які переваги має виробництво кольорових металів з металобрухту і відходів порівняно з їх виробництвом з рудної сировини.

2 Які основні операції включає первинна переробка вторинної сировини кольорових металів?

3 Вкажіть, які операції і в якій послідовності включає технологія пірометалургійного отримання вторинної міді.

4 Які плавильні агрегати використовують для виплавки вторинного алюмінію та сплавів на його основі?

5 Вкажіть, які способи використовують для переробки вторинної свинцевої сировини.

3 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Згідно з робочою програмою дисципліни передбачається виконання лабораторної роботи “Плавка бронзи в індукційній печі ІСТ-0,06”. Тривалість роботи 4 години.

Лабораторная работа

Плавка бронзы в индукционных печах ИСТ-0,06

3.1 Цель работы

Цель настоящей работы заключается в том, чтобы углубить и закрепить знания по выплавке бронзы в индукционных печах, изучить особенности изготовления футеровки, ознакомиться с работой индукционной печи, основными технологическими приемами плавки цветных металлов методом переплава, электрическим, температурным и шлаковым режимом плавки.

3.2 Общая характеристика плавки бронзы в индукционных печах

Особенности индукционного нагрева, упомянутые выше, дают возможность успешно осуществлять плавку не только в воздушной атмосфере, но и в вакууме и защитных атмосферах, например, в водороде, а также в инертных атмосферах при различных давлениях.

Значение индукционного нагрева и индукционных печей с особой полнотой выявляются при плавке металлов с высокой температурой плавления, например, металлов платиновой группы, высоколегированных сталей и чугуна, а также специальных сплавов для постоянных магнитов, магнитомягких материалов, жаропрочных сплавов и сплавов с особыми свойствами теплового расширения и упругости.

В металлургическом производстве эксплуатируется ряд индукционных сталеплавильных тигельных печей повышенной частоты ИСТ:

Емкость, т	0,06	0,16	0,4	1,0	2,5	6	10	16
Мощность, кВА	50	100	250	500	1500	2500	3000	5000

В индукционных печах энергия преобразуется в тепловую непосредственно в расплавляемой в печи металле, который нагревается токами "Фуко", создаваемыми электромагнитной индукцией. В сущности, работу индукционной печи можно сравнить с работой электрического трансформатора.

Переменный электрический ток в индукционной печи проходит через индуктор (первичная катушка) и создает вокруг него переменное магнитное поле. Возникший при этом переменный магнитный поток индуктирует в нагреваемом металле, который находится в тигле печи, (вторичная цепь) переменную ЭДС, под влиянием которой в металле возникают нагревающие

его переменные токи "Фуко".

Мощность, превращаемая в тепло в индукционной печи, определяется выражением:

$$W = I^2 \cdot n \cdot 2\pi \cdot \frac{d}{h} \cdot \sqrt{\rho \cdot \mu \cdot f \cdot 10^{-9}} \quad (3.1)$$

где I -сила тока в индукторе, А; n -число витков индуктора; d -диаметр печи, см; h — высота садки в тигле, см; ρ - удельное электрическое сопротивление, $\cdot 10^{-9}$, Ом/см; μ - магнитная проницаемость садки Гн/м; f - частоте токе, Гц.

КПД индукционных печей составляет 70 %.

По конструктивному исполнению индукционные печи бывают двух типов: без железного сердечника - тигельные и с железным сердечником - каналные. В тигельных печах металл находится в тигле, опоясанном индуктором, а в каналных печах - в кольцевом канале вокруг индуктора, внутри которого располагается сердечник.

Тигельные индукционные печи нашли более широкое применение в промышленности и используются при выплавки высококачественных сталей, сплавов и жаропрочных чугунов. Канальные печи используются для плавки цветных металлов в сплавов и реже для плавки чугуна.

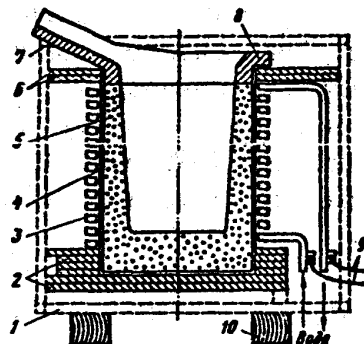
Индукционные печи емкостью более 1 т работает на токах промышленной частоты (50 Гц). Печи небольшой емкости питаются токами высокой частоты. Для этого применяют специальные источники питания - преобразователи высокой частота: машинные генераторы, ламповые и тиристорные преобразователи, повышающие частоту переменного тока до 500-10000 Гц. Индуктор печи охлаждается водой, а для обеспечения больше безопасности вода циркулирует под действием разрежения.

3.3 Устройство индукционной печи ИСТ-0,06

Конструкция индукционной плавильной печи состоит из следующих основных элементов:

- 1)каркас печи с поворотным механизмом;
- 2)боковые стойки;
- 3)плавильный индуктор с огнеупорной футеровкой.

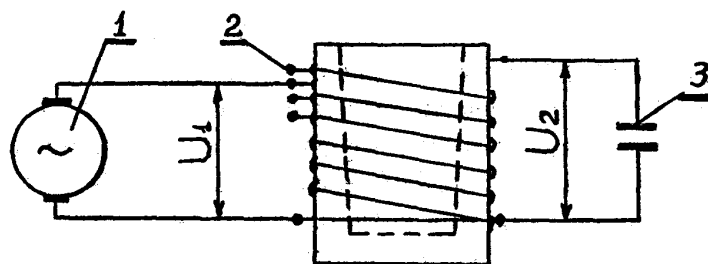
Каркас состоит из стоек, изготовленных из изоляционного материала, скрепленных латунными уголками и болтами. К каркасу печи крепятся стойки индуктора, верхняя и нижняя керамика (рис. 3.1.). При сливе металла наклон плавильного индуктора с огнеупорной футеровкой осуществляется при помощи тельфера. Индуктор выполняется в виде многовитковой спирали из профилированной медной трубки, по стенкам трубки течет ток, а по полости трубки охлаждающая индуктор вода.



- 1 - каркас; 2- подовая плита; 3- индуктор; 4- изоляционный слой; 5- тигель;
 6- асбоцементная плита; 7- сливной носок; 8- воротник; 9- гибкий токопровод;
 10- деревянные брусья

Рисунок 3.1 - Индукционная печь емкостью 60 кг

Электрическая схема электропечи представлена на рис. 3.2.



- 1- генератор высокочастотных колебаний; 2- индуктор; 3- батарея конденсаторов
 Рисунок 3.2 - Схема электрической цепи индукционных тигельных печей

Переменный ток высокой частоты проводится от генератора через выключатель к индуктору. В цепь параллельно включены две группы конденсаторов. Одна из них подключена постоянно, другая периодически, что позволяет подключать емкость, необходимую для создания резонанса в любой момент плавки.

Техническая характеристика печи ИСТ-0,06 приведена в табл. 3.1.

Таблица 3.1 - Техническая характеристика печи ИСТ-0,06

№№	Наименование	Един. измер.	Величина
1.	Полезная емкость	т	0,06
2.	Установленная мощность по электродвигателю питающего генератора	кВт	76
3.	Потребляемая мощность установкой электропечи	кВт	50
4.	Число фаз: питающей сети контурной сети		3 1
5.	Частота тока; питающей сети' контурной сети	Гц Гц	50 2400
6.	Номинальное напряжение: питающей сети контурной сети	В В	580/220 400
7.	Температура нагрева металла	°С	1600
8.	Производительность печи	т/ч	0,055
9.	Расход на охлаждение индуктора	м/ч	0,23
10.	Перепад давления воды в ветви индуктора	атм	0,12
11.	Масса металлоконструкции электропечи	т	0,8
12.	Общая масса электропечи с расплавом	т	0,93

3.4 Футеровка индукционных печей

3.4.1 Основные требования, предъявляемые к футеровке

В индукционных печах плавильным пространством является тигель, который изготавливается, обычно, по шаблону непосредственно в печи.

Футеровка индукционных печей должна быть: тонкостенной; максимально термостойкой, прочной, хорошо сопротивляющейся механическому износу, диэлектриком.

Чтобы обеспечить равномерное распределение гидростатического давления и равномерный износ стенок, тигель делают конической формы. Футеровка индукционных печей может быть выполнена из кислых или основных материалов.

3.4.2 Набивка, установка и обжиг тиглей

Наиболее распространенный способ изготовления тигля индукционной печи заключается в уплотнении сухой и слегка увлажненной футеровочной массы непосредственно в печи по шаблону с последующей сушкой и обжигом полученного тигля.

При изготовлении основной футеровки тигля применяют магнетитовый порошок (10% фракции 4-2 мм, 20% - 2-1 мм, 50% - 1-0,088 мм и 20% фракции 0,088 мм); порошки из плавленного магнетита; электрокорунд минусовых фракций.

Для кислой футеровки лучшим материалом является чистый кварцит (19-24% фракции 3 мм; 32-37% 3-1 мм; 17-23% -1-0,2 мм); фракция 6 мм не допускается.

Чтобы обеспечить спекание футеровки, в состав набивной массы входят связующие (упрочняющие материалы, например, жидкое стекло в количестве 1-3%, и минерализаторы - борная кислота, глинозем и другие вещества в количестве 1-2%). В процессе обжига и эксплуатации футеровки, минерализующие добавки способствуют ее упрочнению путем спекания контактного слоя.

Для плавки цветных металлов обычно внутрь индуктора (или футерованного тигля) устанавливают графитовый тигель, в котором и производят плавку.

3.5 Содержание работы на примере выплавки бронзы БрОЗЦ7С5Н1

3.5.1 Основные требования, предъявляемые к футеровке и способ изготовления тигля изложены в п. 3.4.

3.5.2 Расчет шихты для выплавки бронзы БрОЗЦ7С5Н1.

Количество материалов определяют путем расчета шихты. При расчете учитывают ожидаемые потери металла. Для расчета шихты необходимо иметь наиболее полный анализ всех шихтовых материалов. Ниже приведен пример обычного аналитического "ручного" расчета шихты. *(Приложение 1 пример расчета шихты для выплавки бронзы БрОЗЦ7С5Н1 в 60 кг индукционной печи ИСТ 006, где шихта состоит на 50% из возвратов бронзы БрОЗЦ7С5Н1 и потери при плавке составляют 2% от массы шихты, в таблице приведены эти значения для разных вариантов).*

3.6 Указания по технике безопасности проведения лабораторной работы

3.6.1 Студент может приступить к выполнению работы только с разрешения преподавателя.

3.6.2 К работе допускаются студенты, изучившие описание лабораторной

работы, прошедшие инструктаж по технике безопасности, знающие безопасные приемы работы и имеющие спецодежду: головной убор, защитные очки, халат, закрытую обувь, рукавицы.

3.6.3 Во время проведения плавки нахождение посторонних людей в лаборатории категорически запрещается.

3.6.4 Инструмент для работы необходимо иметь в исправном состоянии.

3.6.5 Во избежание получения травм при возможном выбросе расплавленного металла в момент плавки, находиться непосредственно вблизи печи запрещается.

3.6.6 Применять шихтовые материалы во влажном состоянии категорически запрещается.

3.6.7 Не рекомендуется производить какие-либо работы (догрузка, выравнивание шихты, взятие проб, введение присадок, замер температуры и т.п.) при включенной печи.

3.6.8 Не рекомендуется смотреть на расплавленный металл незащищенными глазами, для этого необходимо пользоваться защитными очками со специальными стеклами.

3.6.9 В период расплавления необходимо следить за равномерным опусканием шихты. Не допускать образования "мостов".

3.6.10 Во время плавки следить за показаниями приборов и температурой отходящей воды.

3.6.11 Ковш под плавку должен быть футерован и высушен.

3.6.12 При обнаружении каких-либо неисправностей оборудования печи немедленно поставить в известность руководителя работы или кого-либо из персонала, обслуживающего индукционную печь.

3.6.13 После проведения плавки убрать рабочее место.

3.7 Порядок проведения плавки бронзы

3.7.1 Рассчитанные составляющие завалки взвесить и загрузить в печь.

3.7.2 После внешнего осмотра печи и генераторного помещения открыть воду для охлаждения индукционной печи и произвести запуск генератора.

3.7.3 После полного запуска генератора произвести включение индукционной печи. Емкость набирать на малых ступенях, что необходимо для более плавного нагрева печи.

3.7.4 Записать время включения печи, показания счетчика и вести полный

хронометраж плавки.

3.7.5 Плавление шихты вести форсированно на полную мощность печи.

3.7.6 По мере образования жидкого металла и в течение всего периода расплавления в печь присаживать флюсы и остаток металлошихты.

3.7.7 После полного расплавления шихты замерить термопарой температуру металла. При температуре 1130°- 1190 °С отобрать пробы на химический анализ.

3.7.8 При достижении температуры металла 1160- 1230°С произвести рафинирование:

а) подводимую мощность снизить для поддержания постоянной температуры;

б) шлак перед рафинированием не скачивать;

в) металл раскислить путем присадки фосфористой меди с учетом допустимого содержания фосфора в готовом металле:

-для оловянно-фосфористых бронз – до 0,1% P;

-для оловянных бронз - 0,04...0,05% P;

-для алюминиевых бронз - 0,01...0,02% P.

3.7.9 Выпуск металла производить при температуре 1160-1230 °С.

3.7.10 Выпуск металла производить в ковш без проверки химического анализа металла. Пробы для химического анализа плавки взять из ковша.

3.7.11 Очистить и заправить тигель печи. Описать эти операции.

3.7.12 Записать время конца плавки и показания счетчика. Привести продолжительность основных периодов плавки. Определить расход электроэнергии на 1 т бронзы.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

РАСЧЕТ ШИХТЫ ДЛЯ ВЫПЛАВКИ БРОНЗЫ БРО3Ц7С5Н1 В 60 КГ ИНДУКЦИОННОЙ ПЕЧИ ИСТ 006

ВАРИАНТ № _____

Требуется рассчитать шихту для получения 60 кг бронзы БрО3Ц7С5Н1. По техническим условиям бронза должна иметь следующее содержание основных легирующих элементов, % : Sn 2,5..4,0; Zn 6,0..9,5; Pb 3,0...6,0; Ni 0,5..2,0; Cu остальное. Примеси, %, не более: Sb 0,5; Fe 0,4; Si 0,02. Потери при плавке **составляют 2% от массы шихты**, при этом потери цинка равны 13% (у всех вариантов) от содержания его в шихте. Шихта должна быть составлена **на 50%** из возвратов бронзы БрО3Ц7С5Н1 и на 50% (всего 100%, значит 100-50=50%), из отходов бронз БрО10Ц2, БрО5С25, латуни ЛЦ42, нейзильбера МН15Ц20 и из катодной меди марки М4.

В таблице П.1 приведен состав шихтовых материалов. Указаны также нужные при расчете обозначения каждого из шихтовых материалов - *x, y, z, p, q, l*. Цель расчета шихты состоит в определении количества шихтовых материалов, т.е. в отыскании величин *x, y, z, p, q, l*.

Таблица П.1 - Состав шихты, % для получения бронзы БрО3Ц7С5Н1

Шихтовый материал	Обозначение	Легирующие элементы				Примеси		
		Sn	Zn	Pb	Ni	Sb	Fe	Si
Возвраты БрО3Ц7С5Н1	<i>x</i>	3,1	7,5	4,0	1,5	0,4	0,3	0,01
Отходы БрО10Ц2	<i>y</i>	9,5	2,5	-	-	0,2	0,1	0,01
Отходы БрО5С25	<i>z</i>	5,0	-	26,0	-	0,2	0,2	0,02
Отходы ЛЦ42	<i>p</i>	-	43,0	-	-	0,1	0,1	0,01
Отходы МН15 Ц20	<i>q</i>	-	21,0	-	14,0	0,01	0,5	0,15
Медь катодная М4	<i>l</i>	-	-	-	-	0,2	0,1	-

Примечание: Cu – остальное, в катодной меди ≥99% Cu.

Для удобства и наглядности расчет ведем на 100 кг сплава. Содержание легирующих компонентов задаем по среднему составу бронзы. Таким образом, в 100 кг сплава должно содержаться олова 3 кг (3%), свинца 5кг (5%), никеля 1кг (1%), цинка 8кг (8%), остальное - медь. Считаем, что при плавке средние потери олова, свинца, никеля и меди составляют 2%. Содержание цинка из-за

потерь необходимо увеличить: $(8 \cdot 100 / (100 - 13)) \cdot 100 = 9,20$ кг (*100 т.к. при расчете необходимо % перевести в доли, для всех вариантов). Общее количество шихты для приготовления 100кг сплава с учетом 2% потерь равно $(100 / (100 - 2)) \cdot 100 = 102,04$ кг (*100 т.к. при расчете необходимо % перевести в доли). В соответствии с этим составляем балансовые уравнения по легирующим элементам и количеству шихты:

$$1. x \cdot 3,1 / 100 + y \cdot 9,5 / 100 + z \cdot 5,0 / 100 = 3,0 \text{ (баланс по олову).}$$

$$2. x \cdot 7,5 / 100 + y \cdot 2,5 / 100 + p \cdot 43 / 100 + q \cdot 21 / 100 = 9,2 \text{ (баланс по цинку).}$$

$$3. x \cdot 4,0 / 100 + z \cdot 26 / 100 = 5,0 \text{ (баланс по свинцу).}$$

$$4. x \cdot 1,5 / 100 + q \cdot 14 / 100 = 1,0 \text{ (баланс по никелю).}$$

$$5. x = 50 \text{ (ограничение по количеству возврата).}$$

$$6. x + y + z + p + q + l = 102,04 \text{ (баланс по количеству шихты).}$$

Решение системы уравнений 1. - 6.

Из (5) $x = 50$ кг.

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

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

Из (1)

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

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

$$\left(9,2 - 50 \cdot \frac{7,5}{100} - 9,19 \cdot \frac{2,5}{100} - 1,79 \cdot \frac{21}{100} \right) \cdot \frac{100}{43} = 11,27 \text{ кг}$$

$$\text{Из (6)} \quad l = 102,04 - (x + y + z + p + q) =$$

$$102,04 - (50 + 9,19 + 11,54 + 11,27 + 1,79) = 18,26 \text{ кг}$$

Таким образом, решение этой системы линейных алгебраических уравнений дает: $x = 50,00$ кг; $y = 9,19$ кг; $z = 11,54$ кг; $p = 11,27$ кг; $q = 1,79$ кг и $l = 18,26$ кг.

Проверяем содержание примесей в шихте.

Примесь сурьмы: $0,004 \cdot 50 + 0,002 \cdot 9,19 + 0,002 \cdot 11,54 + 0,001 \cdot 11,27 + 0,0001 \cdot 1,79 + 0,002 \cdot 18,26 = 0,289$ кг, или 0,3 %, что меньше допустимых 0,5%.

Примесь железа: $0,003 \cdot 50 + 0,001 \cdot 9,19 + 0,002 \cdot 11,54 + 0,001 \cdot 11,27 +$

$0,005 \cdot 1,79 + 0,001 \cdot 18,26 = 0,221$ кг, или 0,22%, что меньше допустимых 0,4%.

Примесь кремния: $0,0001 \cdot 50 + 0,0001 \cdot 9,19 + 0,0002 \cdot 11,54 + 0,0001 \cdot 11,27 + 0,0015 \cdot 1,79 = 0,012$ кг, или 0,012%, что меньше допустимых 0,02%. Таким образом, в рассчитанной шихте содержание примесей не превышает допустимых пределов.

Пересчитаем найденные значения x, y, z, p, q, l для получения 60 кг расплава. Для этого полученные значения умножим на $60/100=0,6$. Окончательно имеем:

Возвраты бронзы БрО3Ц7С5Н1	$50 \cdot 0,6 = 30$ кг
Отходы бронзы Бр010Ц2	$9,19 \cdot 0,6 = 5,51$ кг
Отходы бронзы БрО5Ц25	$11,54 \cdot 0,6 = 6,92$ кг
Отходы латуни ЛЦ42	$11,27 \cdot 0,6 = 6,76$ кг
Отходы нейзильбера МН15Ц20	$1,79 \cdot 0,6 = 1,07$ кг
Медь катодная М4	$18,26 \cdot 0,6 = 10,96$ кг

Итого 61,22 кг

Таблица - Варианты заданий (1 : 64)

Потери при плавке, %	Возврат отходов бронзы БрО3Ц7С5Н1, %							
	46	47	48	49	51	52	53	54
1,6	1	2	3	4	5	6	7	8
1,7	9	10	11	12	13	14	15	16
1,8	17	18	19	20	21	22	23	24
1,9	25	26	27	28	29	30	31	32
2,1	33	34	35	36	37	38	39	40
2,2	41	42	43	44	45	46	47	48
2,3	49	50	51	52	53	54	55	56
2,4	57	58	59	60	61	62	63	64

4 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ

Індивідуальне завдання включає два теоретичних питання та розрахункову частину. Розрахункова частина присвячена розрахунку шихти для виплавки бронзи і виконується за методичними вказівками до виконання лабораторної роботи, які містять варіанти завдань, методика та приклад розрахунку шихти для конкретного варіанту.

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, а також завдання.

Перелік питань наведені нижче, а варіанти наведені в таблиці 4.1.

Перелік питань:

1. Класифікація кольорових металів. Склад і стисла характеристика класифікаційних груп.
2. Властивості та області застосування основних кольорових металів та їх сплавів.
3. Сировина для виробництва основних кольорових металів.
4. Властивості міді та її застосування.
5. Пірометалургійний спосіб виробництва міді. Загальна характеристика процесу.
6. Випал сульфідних мідних концентратів.
7. Виплавка мідного штейну.
8. Конвертація мідного штейну.
9. Вогневе рафінування міді.
10. Електролітичне рафінування міді.
11. Властивості і застосування нікелю.
12. Пірометалургійний метод переробки сульфідних мідно-нікелевих руд. Загальна характеристика процесу.
13. Конвертація і переробка мідно-нікелевого штейну.
14. Одержання нікелю з його оксиду і електролітичне рафінування чорного металу.
15. Властивості алюмінію та його сполук.
16. Виробництво алюмінію. Загальна характеристика технологічної

схеми.

17. Технологія виробництва глинозему з бокситів методом Байєра.

18. Технологія виробництва алюмінію електролізом.

19. Електролітичне рафінування алюмінію тришаровим способом.

20. Технологія виробництва губчастого титану магнійтермічний методом.

Загальна характеристика процесу.

21. Властивості титану та його застосування.

22. Виплавка титанового шлаку з ільменітових концентратів та отримання тетрахлорида титану.

23. Магнійтермічний відновлення тетрахлорида титану.

Таблиця 4.1- Варіанти завдань на теоретичну частину

№ варіанта	№ питання	№ варіанта	№ питання	№ варіанта	№ питання
1	1,21	23	8,18	45	2,23
2	2,20	24	6,17	46	22,7
3	3,19	25	12,16	47	21,9
4	10,14	26	2,13	48	19,11
5	11,17	27	19,1	49	15,14
6	4,13	28	12,3	50	14,3
7	15,10	29	23,14	51	10,20
8	6,20	30	22,5	52	4,11
9	16,14	31	9,1	53	2,10
10	18,11	32	8,3	54	8,23
11	9,16	33	1,17	55	7,13
12	3,21	34	12,13	56	17,3
13	2,18	35	2,14	57	20,19
14	4,18	36	1,5	58	14,5
15	5,17	37	3,6	59	13,6
16	6,15	38	21,22	60	12,20
17	13,19	39	15,16	61	15,2
18	5,23	40	3,4	62	21,8
19	7,21	41	6,18	63	11,10
20	4,22	42	12,19	64	16,4
21	11,20	43	8,14	-	-
22	7,15	44	3,16	-	-

ЗМІСТ

1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ.....	3
Рекомендована література.....	3
2 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ТЕМ.....	3
Тема 2.1 Загальні відомості про виробництво кольорових металів.....	3
Тема 2.2 Металургія міді.....	4
Тема 2.3 Металургія нікелю.....	5
Тема 2.4 Металургія алюмінію.....	6
Тема 2.5 Металургія титану.....	7
Тема 2.6 Металургія вторинних кольорових металів.....	8
3 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ.....	9
Лабораторна робота	10
4 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ.....	20